

VO_kaista = 10.9 %
H_pit_kaista = 93.6 %

Antti Ruotoistenmäki, Arto Kuskelin ja Pertti Virtala

Automaattisen päälystevauriomittauksen (APVM) tulosten käyttöönotto

Tiehallinnon selvityksiä 4/2009

Antti Ruotoistenmäki, Arto Kuskelin ja Pertti Virtala

**Automaattisen
päälystevauriomittauksen (APVM)
tulosten käyttöönotto**

Tiehallinnon selvityksiä 4/2009

Tiehallinto

Helsinki 2009

Kansikuva: Pertti Virtala

Verkkojulkaisu pdf (www.tiehallinto.fi/julkaisut)

ISSN 1459-1553

ISBN 978952221158-3

TIEH 3201118-v

TIEHALLINTO

Keskushallinto

Opastinsilta 12 A

PL 33

00521 HELSINKI

Puhelin 0204 22 11

Antti Ruotoistenmäki, Arto Kuskelin ja Pertti Virtala: Automaattisen päällystevauriomitauksen (APVM) tulosten käyttöönotto. Helsinki 2009. Tiehallinto, Keskushallinto. Tiehallinnon selvityksiä 4/2009, 62 s. + liitt. 5 s. ISSN 1459-1553, ISBN 978952221158-3, TIEH 3201118-v.

Asiasanat: päällysteet, vauriot, tien kunto, mittaus, kuntomittaukset, kurre, rahoitus
Aiheluokka: 33

TIIVISTELMÄ

Vauriotieto on vähäliikenteisen päällystetyn tieverkon tärkein kuntotekijä, jota on vuodesta 2006 lähtien kerätty automaattisella päällystevauriomitauksella (APVM) siihen saakka käytetyn visuaalisen vaurioinventoinnin sijaan. Vuoden 2008 mittauksen jälkeen lähes koko vähäliikenteinen verkko (40 000 km) on mitattu vähintään kertaalleen. APVM:n tuloksista lasketaan ja Kuntotietorekisteriin talletetaan 18 erilaista vauriomuuttujaa.

Tärkeimmät päätöksentekotilanteet, joissa vauriotietoa tarvitaan, ovat tulosohjaus, kohteiden valinta, rahoitustarveanalyysit ja rahoituksen jako sekä toimintalinjat ja perusteluviestintä. Kaistan vaurio-osuus on automaattisen vauriomitauksen perusmuuttuja, joka yleisellä tasolla kuvaa tien vaurioituneisuutta ja jota voidaan käyttää tulosohjauksessa ja rahoitustarveanalyysissä sekä kohteiden valinnassa. Kaistan vaurio-osuudelle esitetään yhteisen kuntoluokituksen (YKL) raja-arvot.

Vaurio-osuutta on kerätty vuodesta 2006. Tänä aikana tapahtuneet mittaus- ja tulkintatekniikan kehittämisen aiheuttamat muutokset kuitenkin estävät vaurio-osuuden kehittymisnopeuden määrittämisen ja aikasarjojen muodostamisen. Purkaumaa ja vauriotyyppikohtaisia muuttujia on kerätty vasta vuonna 2008, mistä syystä niiden käyttöönoton edellytykset ovat toistaiseksi rajalliset mutta parantuvat kun muuttujien määrittelyä kehitetään ja mittauksia jatketaan tulevina vuosina. Uusista muuttujista halkeamapituudelle esitetään kohteiden valinnan raja-arvot.

Automaattisen vauriomitauksen tiedot suositellaan otettavaksi käyttöön ylläpidon päätöksenteon eri tasoilla asteittain: ensin vaurio-osuus tulosohjauksessa sekä vaurio-osuus ja halkeamapituus kohteiden valinnassa, myöhemmin vauriotyyppikohtaiset tiedot. Mikäli vauriotietoa ei käytetä, riskinä on, että erityisesti alemman tieverkon rahoitustarpeet aliarvioidaan ja ylläpitotoimenpiteitä kohdistetaan liian vähän ja osittain väärin kohteisiin. Vauriotiedon epävarmuustekijöistä huolimatta voidaan todeta, että riski vauriotiedon käyttämättä jättämisestä on suurempi kuin sen käyttämisestä.

Antti Ruotoistenmäki, Arto Kuskelin ja Pertti Virtala: Implementing the Results from Automated Image Capturing and Processing. Helsinki 2009. Finnish Road Administration, Central Administration. Finnra reports 4/2009, 62 p. + app. 5 p. ISSN 1459-1553, ISBN 978952221158-3, TIEH 3201118-v.

Keywords: pavements, defects, road condition, measurement, condition measurements, road condition data bank, financing

SUMMARY

Road surface distress is the main condition indicator on low volume roads. Since 2006 it is being collected using automated image capturing and processing which replaced visual inventory. At the end of 2008 most of the low volume road network in Finland (40 000 km) has been measured at least once. 18 different condition indicators are calculated from the results of the image processing and these data are taken into the road condition data bank of the Finnish Road Administration.

The most important decision-making situations where information on surface distress is needed are management by objectives, selection of maintenance sections, assessment of funding needs and fund allocation, management policies and communication. As a basic indicator of cracking the Percentage of Cracked Surface, CS-% (resembles in definition with Unified Crack Index and UK Scanner cracking index) is used, which depicts the distress level of the road surface in general. It is recommended for use in management by objectives, selection of maintenance sections, as well as in assessment of funding needs and fund allocation. Threshold values of CS-% for standardized classification for the condition of the road assets are presented.

Percentage of Cracked Surface has been collected since 2006. However, the development of both image capturing and processing that has taken place since then, prevents the determination of deterioration rate and the forming of the time series of CS-%. Percentage of Surface Ravelling and crack type indices have been collected only since 2008, which limits their usability. However, it is expected that their use is enhanced as these indices are being improved and measurements continued. Threshold values of Crack Length (length of cracked road) are presented for use in selection of maintenance sections.

It is recommended that the information from automated image capturing and processing are implemented step-by-step at the different levels of maintenance decision-making: First CS-% and Crack Length in management by objectives and selection of maintenance sections, and crack type indices at the next stage. If this information is neglected, there is a risk that funding needs especially on low volume roads are underestimated and too few maintenance actions are carried out. Furthermore, the maintenance funding is misallocated partly on wrong sections. Regardless of the uncertainty involved in this new kind of measurement, the risk of not using distress data is considered greater than that of using it.

ESIPUHE

Vauriotieto on alemman päällystetyn tieverkon tärkein kuntotekijä, jota on vuodesta 2006 lähtien kerätty automaattisella päällystevauriomittauksella (APVM) siihen saakka käytetyn visuaalisen vaurioinventoinnin sijaan. Vuoden 2008 mittausten jälkeen lähes koko vähäliikenteinen verkko (40 000 km) tulee mitatuksi vähintään kertaalleen.

APVM:n tuloksista lasketaan ja Kuntotietorekisteriin talletetaan toistakymmentä erilaista vauriomuuttujaa. Tässä raportissa arvioidaan kuntorekisteriin talletettujen ja niistä laskettavien uusien tunnuslukujen soveltuvuutta tienpidon suunnittelun eri päätöksentekotasolla sekä esitetään muuttujien raja-arvot, erityisesti huonokuntoisuuden kriteerit. Ensiksi kuvataan kerättävät muuttujat sekä niiden arvojen jakautuminen tiepiireittäin sekä tie- ja päällysteluokittain.

Tämä raportti on Automaattisen päällystevauriomittauksen (APVM) tulosten käyttöönotto -projektin loppuraportti. Raportti toimii paitsi itsenäisenä julkaisuna myös taustamateriaalina samassa työssä tuotetulle Tiehallinnon asiantuntijoiden kouluttamisessa käytettävälle materiaalille. Projektiryhmään ovat kuuluneet:

Vesa Männistö, Tiehallinto / Asiantuntijapalvelut, puheenjohtaja
Juho Meriläinen, Tiehallinto / Asiantuntijapalvelut
Sami Petäjä, Tiehallinto / Asiantuntijapalvelut
Pertti Pirinen, Tiehallinto / Savo-Karjalan tiepiiri

Työn on tehnyt Destia Oy Solutions, jossa työstä ovat vastanneet Antti Ruotoistenmäki, Pertti Virtala ja Arto Kuskelin.

Helsingissä maaliskuussa 2009

Tiehallinto
Asiantuntijapalvelut

Sisältö

1	JOHDANTO	9
2	TAVOITTEET	10
3	APVM TUNNUSLUVUT	11
3.1	Vaurio-osuus	11
3.2	Purkaumaosuus	13
3.3	Vauriotyypikohtaiset muuttujat	15
3.3.1	Halkeamapituus	15
3.3.2	Poikkihalkeamien määrä	16
3.3.3	Vaurio-osuus halkeamaleveysluokittain	16
4	VAURIOTIEDON HYÖDYNTÄMINEN	17
4.1	Vauriotieto eri päätöksentekotilanteissa	17
4.2	Vauriotiedon tarve	19
5	APVM MITTAUSTULOKSET 2006 - 2008	22
5.1	Mittausten edustavuus	22
5.2	Vauriomuuttujien arvot kuntotietorekisterissä	24
5.2.1	Kaistan vaurio-osuus	24
5.2.2	Kaistan osien vaurio-osuudet	28
5.2.3	Kaistan ja kaistan osien purkaumaosuus	29
5.2.4	Halkeamapituus	30
5.2.5	Poikkihalkeamien määrä	32
5.2.6	Vaurio-osuus halkeamaleveysluokittain	33
6	TUNNUSLUKUJEN TULKINTA JA KÄYTTÖ	35
6.1	Yhtenäinen kuntoluokitus (YKL)	35
6.1.1	Luokituksen muodostamisperusteet	35
6.1.2	Vaurioluokkien raja-arvot	36
6.1.3	Vaurioiden kuntoluokkajakaumat	37
6.1.4	Poikkeustilanteita ja erikoistapauksia	39
6.2	Kohteiden ja toimenpiteiden valinta	42
6.2.1	Vauriomuuttujien raja-arvot	42
6.2.2	Kohteiden valinta ilman vauriomuuttujia	43
6.2.3	Kohteiden valinta vaurio-osuus -tunnusluvun perusteella	43
6.2.4	Toimenpiteen valinta vaurio-osuus -tunnusluvun perusteella	43
6.2.5	Kohteiden valinta halkeamapituus -tunnusluvun perusteella	44
6.2.6	Toimenpiteen valinta halkeamapituus -tunnusluvun perusteella	44
6.2.7	Yhtenveto kohteiden valinnan parametreista	45

6.3	Automaattisella mittauksella hankittava vauriotieto	46
6.3.1	Vaurioiden tunnistaminen tien pinnasta otetusta valokuvasta	46
6.3.2	Mittaustekniikan muutokset	48
6.4	Vauriomuuttujien mittaustarkkuus	49
6.4.1	Vauriomittausten laatuvaatimukset	49
6.4.2	Mittausten erottelukyky	50
6.5	Uudet tunnusluvut	52
6.5.1	Vauriomuuttujien kehittymisnopeus	52
6.5.2	Vauriotyypikohtainen tieto	55
6.5.3	Vaurioituneisuuden vaikutus tien käyttäjiin	57
7	SUOSITUKSET	58
7.1	Kuntorekisteriaineiston käytettävyys	58
7.2	Jatkokehitystarpeet	59
8	VIITTEET	61
9	LIITTEET	63

1 JOHDANTO

Vauriotieto on alemman päällystetyn tieverkon tärkein kuntotekijä, jota on vuodesta 2006 lähtien kerätty automaattisella päällystevauriomittauksella (APVM) siihen saakka käytetyn visuaalisen vaurioinventoinnin sijaan. Päällysteiden ylläpidon ohjauksessa eri päätöksentekotasolla tarvittavaa vauriotietoa ei kuitenkaan ole vielä saatu käyttöön toivotussa laajuudessa. Ilman vauriotietoa Tiehallinto ei tiedä alemman tieverkon kuntilaa riittävän tarkasti eikä pysty ohjaamaan tämän verkon ylläpitoa tehokkaasti. Uuden inventointitiedon puuttuessa esim. vauriosumma ennustetaan aiempien havaintojen perusteella nykyhetkeen. Vauriomittaukset ja -inventoinnit kertovat kuitenkin tien vaurioitumisesta eri tavalla, koska mm. vauriomuuttujat ja mittausleveys ovat muuttuneet siirryttäessä inventoinnista mittaukseen.

On siis olemassa suuri tarve saada automaattisen vauriomittauksen tulokset käyttöön. Vuoden 2008 mittausten jälkeen lähes koko vähäliikenteinen verkko (40 000 km) tulee mitatuksi vähintään kertaalleen. APVM:n tuloksista lasketaan ja Kuntotietorekisteriin talletetaan 18 erilaista vauriomuuttujaa. Kuntorekisteriin talletettujen tietojen analysointi, niiden vertaaminen maastossa havaittuun tien kuntoon ja testaaminen käytännössä tuottavat tarvittavaa tietämystä siitä miten näitä tunnuslukuja voidaan hyödyntää ja mahdollistavat tietojen saamisen tehokkaaseen käyttöön tienpidon suunnittelun eri päätöksentekotasolla.

Tämän raportin luvussa 2 kuvataan työn tavoitteet, minkä jälkeen luvussa 3 kuvataan kerättävät muuttujat. Luvussa 4 kuvataan vauriotiedon hyödyntämistä ylläpidon päätöksenteossa. Luvussa 5 arvioidaan tunnuslukujen käytettävyyttä kuntorekisteriaineistojen analyysien perusteella. Luvussa 6 käsitellään tarkemmin tunnuslukujen käyttöä eri päätöksentekotilanteissa ja esitetään vauriotunnusluville raja-arvot. Lisäksi samassa luvussa käsitellään APVM-mittaustekniikkaa ja kerättävien tietojen tarkkuutta sekä tehdään ehdotuksia uusiksi tunnusluvuiksi. Lopuksi luvussa 7 esitetään työn tuloksena annettavat suositukset.

2 TAVOITTEET

Työn tavoitteena on ratkaista automaattisesta päällystevaurioiden mittauksesta saatavien tulosten käyttöönottoon liittyvät ongelmat siten, että vauriotiedot saadaan tehokkaaseen käyttöön tienpidon suunnittelun ja ohjauksen eri päätöksentekotilanteissa.

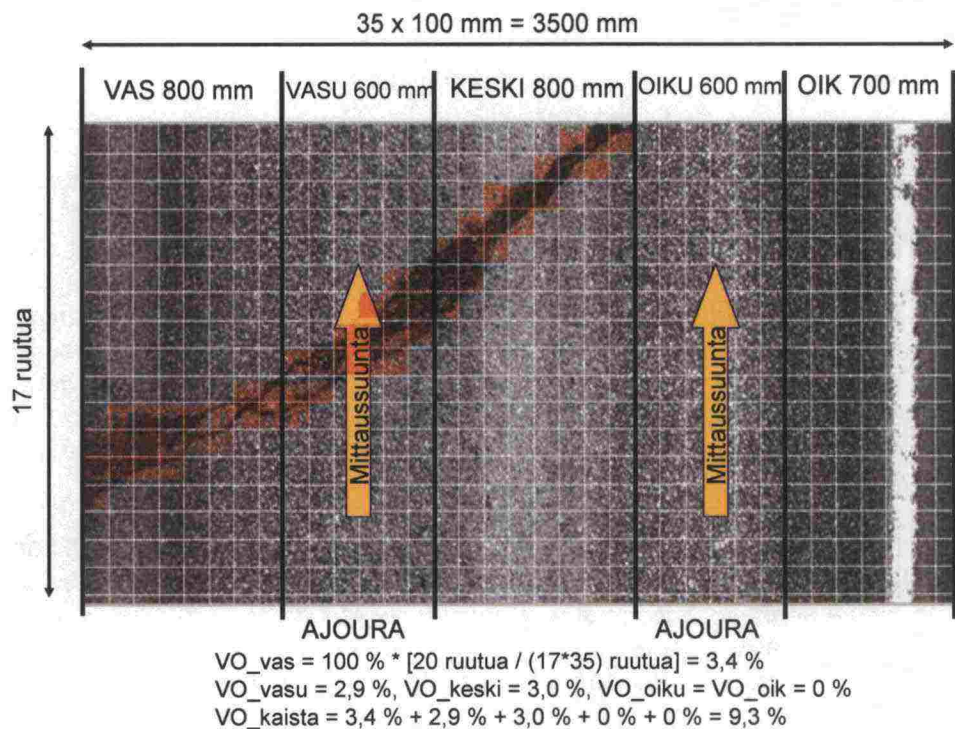
Työssä on selvitetty, mitä nykyisiä ja mahdollisia uusia vauriomuuttujia ja -tunnuslukuja tulisi käyttää tienpidon suunnittelun ja ohjauksen eri päätöksentekotilanteissa sekä se, milloin tietty vauriotieto ei sovellu käytettäväksi. Muuttujille ja tunnusluvuille on määritetty tarvittavat kriteerit ja raja-arvot. Vauriotiedon tulkinnan kannalta keskeistä on tien huonokuntoisuuden määrittely vauriotiedon perusteella siten, että se vastaa tienpitäjän käsitystä tien huonosta kunnosta. Tämän raportin ohella on tuotettu Tiehallinnon suunnittelun, päällystysohjelmoinnin ja hankinnan asiantuntijoiden koulutuksessa käytettävä materiaali, jolle tämä raportti toimii itsenäisenä taustamateriaalina.

3 APVM TUNNUSLUVUT

3.1 Vaurio-osuus

Automaattisella päällystevaurioiden mittauksella (APVM) mitattavat muuttujat on kuvattu mm. lähteissä (Tiehallinto 2007a ja 2007b). Olemassa olevien tunnuslukujen laskentaperiaatteet ovat muuttuneet käsikirjan laatimisen jälkeen, lisäksi on otettu käyttöön uusia tunnuslukuja joita käsikirjassa ei ole esitelty. Kuntotietorekisterin APVM-mittausaulun sisältö on kuvattu liitteessä 1.

Kuntorekisteriin talletetaan vaurioituneen päällysteen suhteellista osuutta kuvaava muuttuja Vaurio-osuus (VO-%). Kuvan 1 mukaisesti mittausalue jaetaan 100 mm * 100 mm ruutuihin. Kaistan osien vaurio-osuudet lasketaan jakamalla kaistan osan vaurioituneiden ruutujen määrä kaistan kaikkien ruutujen määrällä tulostusvälillä (10 tai 100 metriä). Kaistan vaurio-osuus on siten yhtä kuin kaistan osien vaurio-osuuksien summa.



Kuva 1. Vaurio-osuus (VO-%) -muuttujien määrittely ja laskentaesimerkki.

Automaattisen vauriomittauksen tiedoista voidaan erottaa vaurion sivusijainti tien poikkileikkauksessa. Kuntorekisteriin talletetaan kaistan osien VO-muuttujat, jotka lasketaan kuvassa 1 ja taulukossa 1 kuvatuille leveyksille. Kuvan 1 esimerkissä kaistan osien vaurio-osuudet saadaan jakamalla vaurioituneiden ruutujen määrä kaikkien ruutujen määrällä (17 * 35 kpl). Kaistan vaurio-osuuden (VO_kaista) arvo lasketaan kaistan osien VO-muuttujien arvojen summana. Kaistan ja sen osien vaurio-osuuden määrittely tällä tavalla helpottaa muuttujien keskinäistä vertailua. Lisäksi tämän määrittelyn avulla

voidaan suoraan päätellä, miltä kaistan osalta kaistan vaurio-osuuden korkeat arvot aiheutuvat.

Taulukko 1. Kuntorekisteriin talletettavat vauriomuuttujat.

Muuttuja	Alue	Alueen leveys [mm, ruutua]
VO_vasen	vasemman ajouran vasen puoli	800, 8
VO_vasu	vasen ajoura	600,6
VO_keski	ajourien välinen alue	800, 8
VO_oiku	oikea ajoura	600,6
VO_oikea	oikean ajouran oikea puoli	700, 7
VO_kaista	koko kaista (kuvausleveys)	3500, 35

VO-muuttujien pienin mahdollinen arvo on 0 %, mikä tarkoittaa että tarkasteltavalla jaksolla (10 tai 100 metriä) ei ole yhtään vauriota. VO_kaistan suurin mahdollinen arvo on 100 %, mikä tarkoittaa että tarkasteltava jakso on kokonaan vaurioitunut, ts. alueella ei ole yhtään 100 mm * 100 mm ruutua, jossa ei olisi vaurioita. Vastaavat kaistan osien vaurio-osuuksien maksimiarvot ovat leveydestä riippuen 17,1–22,9 %. Maksimiarvon vaihtelun aiheuttavat kaistan osien erilaiset leveydet. 100 mm * 100 mm ruutukokoa käytettäessä tämä suositellaan korjattavaksi asettamalla kaistan osat saman levysiksi (5 * 700 mm = 3 500 mm), jolloin kaikkien kaistan osien vaurio-osuuksien maksimiarvoksi tulisi 20,0 %.

Muuttujien jakaumilla on siten ääriarvot, joita ne eivät voi alittaa tai ylittää. Käytännössä arvot ovat jakautuneet siten, että valtaosa 100 metrin jaksoista saa pieniä arvoja (< 3 %) ja suuria arvoja (useita kymmeniä prosentteja) on vain murto-osalla mitatuista jaksoista. VO-muuttujien jakaumia käsitellään tarkemmin jäljempänä luvussa 5.2 Vauriomuuttujien arvot kuntotietorekisterissä.

Vaurioita voidaan luokitella usealla tavalla. Vaurioitumisen syiden perusteella ne voidaan jakaa liikenne- ja ilmastoperäisiin vaurioihin. Näitä vaikutuksia on kuitenkin vaikea erottaa toisistaan, koska molemmilla tekijöillä on vuorovaikutusta toisiinsa: ilmastotekijät ja liikenteen kuormitus kiihdyttävät yhdessä tien rakenteen rappeutumista. Kun vaurioiden sijainti ajoradalla tiedetään, voidaan vaurioitumisen syytä arvioida karkealla tasolla seuraavasti (Tiehallinto 2007a):

- Jos vauriot ovat pääosin pyöräurissa, on liikennekuormitus pääasiallinen syy päällysteen rikkoutumiseen.

- Ajourien ulkopuolella olevat vauriot ovat yleensä ilmastoperäisiä. Ne voivat myös kertoa siitä, että kaistan vasemmassa ja/tai oikeassa reunassa on saumahalkeama.
- Ajourien oikealla puolella olevat vauriot ovat usein merkki reunan painumista.

Vuosina 2006 ja 2007 VO-muuttujat laskettiin 200 mm * 200 mm ruutukoolla. Osana vuonna 2008 alkanutta sopimusta mittausten toimittaja on laskenut kuntorekisterin sisältämät vauriotiedot vuosille 2006 ja 2007 uudelleen 100 mm * 100 mm ruutukoolla. Vuoden 2008 mittaustuloksista on laskettu VO-muuttujat 100 mm * 100 mm ruutukoolla sekä lisäksi joukko muita muuttujia, jotka on kuvattu seuraavissa alaluvuissa.

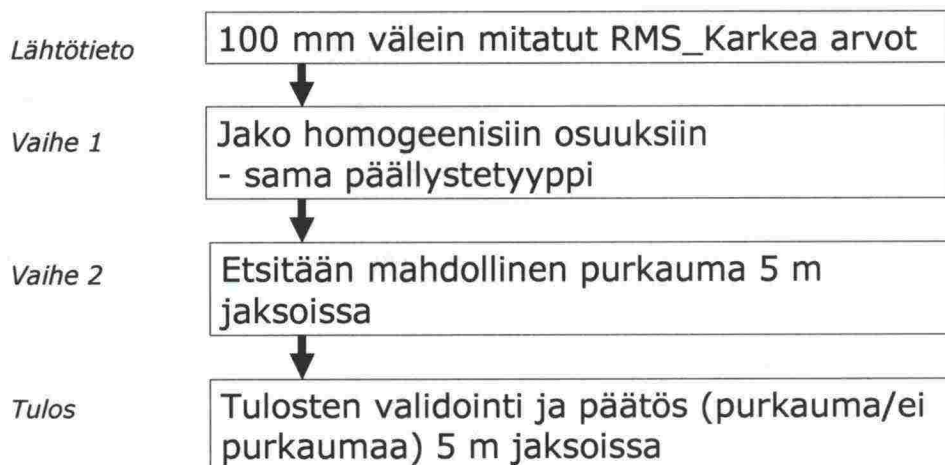
3.2 Purkaumaosuus

Vuoden 2006 ja 2007 mittaustuloksissa ilmeni karkeilla päällysteillä tulkinta-ongelmia, jotka johtivat korkeisiin VO-muuttujien arvoihin lähes ehjillä tiejaksoilla. RST:n käyttämän kuvantulkintaohjelman parametrien asetukset riippuvat mm. kuvantuottamisen yhteydessä laseranturilla mitatusta päällysteen karkeudesta.

Vuodesta 2008 alkaen lasketaan VO-muuttujien lisäksi Purkaumaosuus (PU-%) -muuttuja. Purkaumaosuus lasketaan, kuten vaurio-osuuskin, koko kaistan alueella ja kaistan osilla. Kaistan osien purkaumaosuus lasketaan kaistan osien purkaumaosuuksien keskiarvona. Purkaumaosuus -muuttujat saavat arvoja välillä 0 - 100%. Purkaumaosuudet lasketaan 10 ja 100 metrin tulostusväleille.

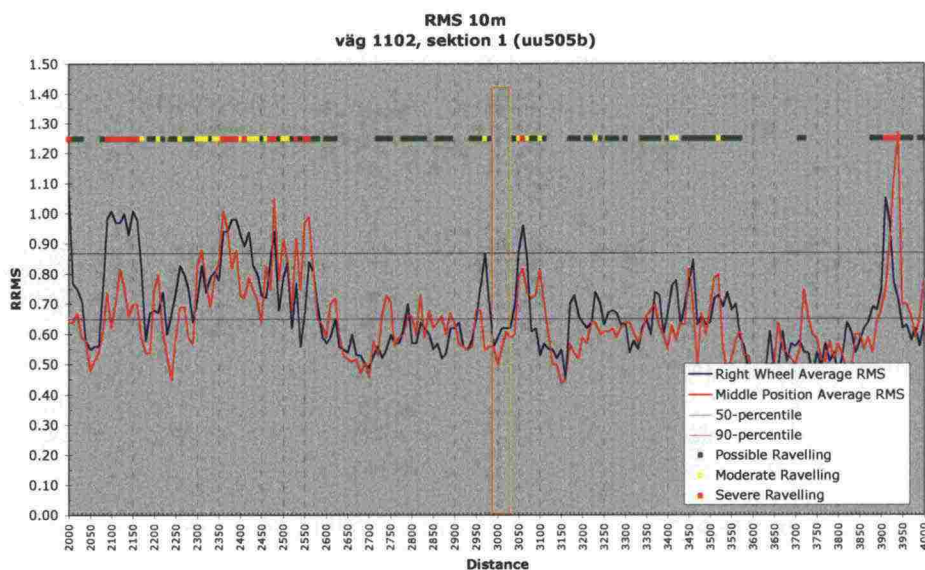
Purkaumaosuus määritetään kuvantuottamisen yhteydessä mitatusta tien pituusprofiilista lasketun RMS_Karkea muuttujan arvojen perusteella. Karkeutta mittaavat 5 laseranturia sijaitsevat mitta-auton etupalkissa molempien ajourien kohdalla, niiden välissä ja ulkopuolella. Purkaumaosuuden määrittäminen tällä tavoin ei siten liity mittausteknisesti kuvantuottamiseen tai kuvantulkintaan ja voitaisiin määrittää erillisten mittausten perusteella tai osana myös muita kuin APVM-mittausta, esim. PTM-mittauksen yhteydessä.

Muuttuja RMS_Karkea kuvaa päällysteen epätasaisuutta, jonka aallonpituus on 1 - 100 mm. Muuttuja korreloi hyvin päällysteen megakarkeuden (aallonpituus 0,5–50 mm) kanssa, joka vaikuttaa mm. vierintävastukseen, meluun ja renkaiden kulumiseen. Purkaumakohdissa mitatut RMS_Karkea muuttujan arvot ovat korkeampia kuin kohdissa, joissa ei ole purkaumaa. Kuvassa 2 on esitetty purkaumaosuuden määrittämisen vaiheet. Mittauskohde jaetaan homogeenisiin osuuksiin RMS_Karkean avulla tunnistettavan päällystetyypin perusteella.



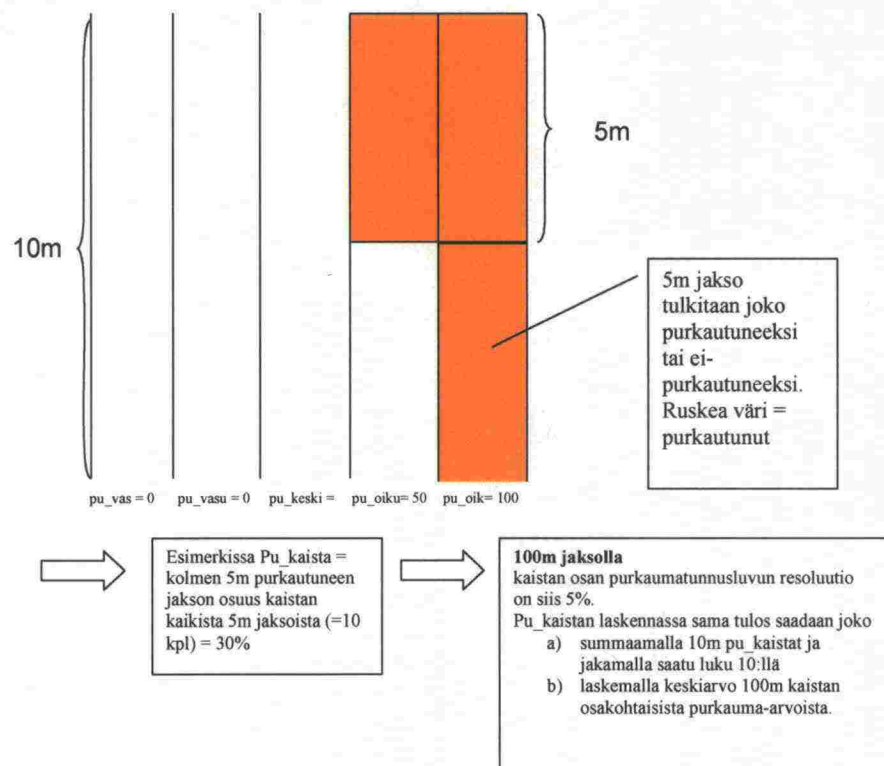
Kuva 2. Purkaumaosuuden (PU-%) määrittelyn vaiheet (Wahlman 2008).

Kullekin homogeeniselle osuudelle määritetään RMS_Karkean raja-arvot, joiden ylittymisen perusteella tunnistetaan mahdolliset purkautuneet 5 metrin jaksot (kuva 3).



Kuva 3. Mahdollisesti purkautuneiden 5 metrin jaksojen tunnistaminen mitatun RMS_Karkea -muuttujan (RRMS) perusteella (Wahlman 2008).

Purkaumaosuus lasketaan siten, että kullakin kaistan osalla päällyste tulkitaan purkautuneeksi tai ei purkautuneeksi 5 metrin jaksoissa (kuva 4). Kaistan osien purkaumaosuudet voivat 10 metrin tulostusvälillä saada siten kolme arvoa: 0 %, 50 % tai 100 %. Kaistan purkaumaosuus 10 metrin tulostusvälillä lasketaan purkautuneiden 5 metrin jaksojen osuutena kaistan kaikista 5 metrin jaksoista. Kuvan 4 esimerkissä kaistan purkaumaosuus saa 10 metrin tulostusvälillä siten arvon 30 %.



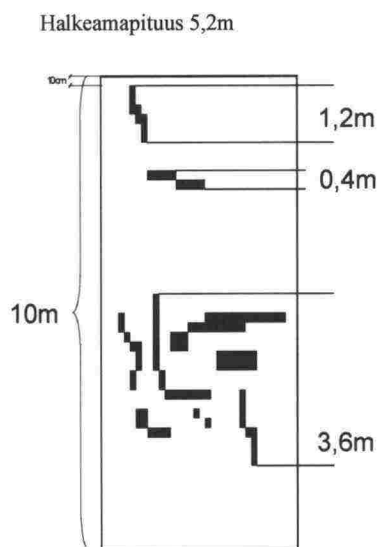
Kuva 4. Purkaumaosuus (PU-%) -muuttuja määritellään 5 metrin jaksoissa koko kaistalle ja kaistan osille (Meriläinen 2008).

3.3 Vauriotyyppikohtaiset muuttujat

Vuoden 2008 mittaustuloksista on tulkittu useita vauriotyyppikohtaisia muuttujia, joiden määritelmät on kuvattu seuraavassa.

3.3.1 Halkeamapituus

Halkeamapituus kuvaa halkeillutta päällystepituutta riippumatta rinnakkaisista halkeamista. Kuvan 5 mukaisesti jokainen 0,1 metrin jakso tien pituussuunnassa lisätään halkeamapituus-muuttujan arvoon, mikäli 0,1 metrin jaksolla sivusuunnassa on yksikin vaurioituneeksi tulkittu ruutu. Tietoa ei sellaisenaan siis voi käyttää esim. juotospituuden laskennassa, mutta tien kunnan yleismuuttujana se voi olla käyttökelpoinen.



Kuva 5. Halkeamapituuden määrittely. Esimerkissä halkeamapituus saa arvon 5,2 metriä (Meriläinen 2008).

3.3.2 Poikkihalkeamien määrä

Tämä muuttuja kertoo poikkihalkeamien määrän tulostusvälillä (10 tai 100 metriä). Se määritetään vauriokartan päälle asetettavan 10x10 cm ruudukon (CTM -matriisin = Crack Tile Map) perusteella kolmivaiheisella tunnistusproseduurilla: Ensimmäisessä vaiheessa luokitellaan jokainen yksittäinen ruutu ja rivi kerrallaan, minkä tuloksena saadaan "mahdolliset vauriotyypit", joita ovat poikki- ja pituushalkeamat, vinot halkeamat ja vaurioitunut alue. Toisessa vaiheessa luokitellaan kaistojen osa-alueet ja tehdään osaluokituksen perusteella valinta osa-alueen vallitsevasta halkeamatyypistä, minkä tuloksena saadaan "vallitseva vauriotyyppi osa-alueella". Kolmannessa vaiheessa luokitellaan koko kaistan poikkileikkauksen vauriotyyppi ja summataan tulokset halutulle raportointivälille. Kaistan vauriot tulkitaan poikkihalkeamaksi, jos vähintään kaistan kolmelle eri osa-alueelle on tulkittu mahdollinen poikkihalkeama ja korkeintaan kaistan yhdelle osa-alueelle on tulkittu mahdollinen vaurioitunut aluehalkeama. (Äijö & Laine 2008).

3.3.3 Vaurio-osuus halkeamaleveysluokittain

Vaurio-osuus (VO-%) koko kaistan alueella ilmoitetaan jaettuna neljään luokkaan halkeaman leveyden mukaan:

- vo_h_lev_0_5 VO-% halkeamaleveys 0 - 5 mm
- vo_h_lev_5_10 VO-% halkeamaleveys 5 - 10 mm
- vo_h_lev_10_20 VO-% halkeamaleveys 10 - 20 mm
- vo_h_lev_yli20 VO-% halkeamaleveys yli 20 mm

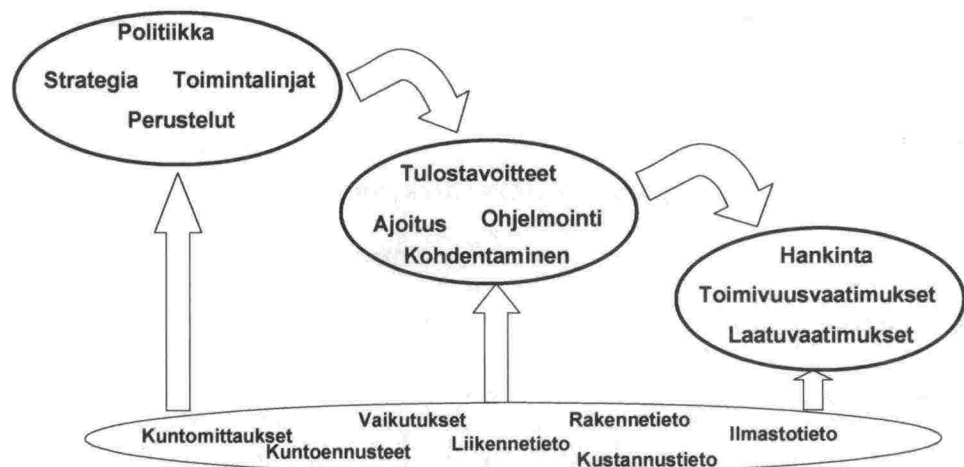
Kaikki tunnistetut halkeamat kuuluvat johonkin halkeamaleveysluokkaan, joten halkeamaleveysluokittain määritettyjen VO_kaista muuttujien arvojen summa on sama kuin muuttujan VO_kaista arvo.

4 VAURIOTIEDON HYÖDYNTÄMINEN

4.1 Vauriotieto eri päätöksentekotilanteissa

Vauriotiedon käytön tärkeys

Vauriotieto on alemman päällystetyn tieverkon tärkein kuntotekijä, joka ylläpidon toimintalinjojen mukaisesti ohjaa erityisesti rakenteen parantamistoimenpiteiden valintaa. Vauriotietoja hyödynnetään ylläpidon päätöksenteossa myös useissa tilanteissa eri päätöksentekotasolla, joita havainnollistetaan kuvassa 6. Uusien vauriomuuttujien käyttöönotto vaikuttaa siten mm. kunto-luokitukseen, tulostavoitteisiin, toimintalinjoihin, rahoitustarpeiden määrittelyyn, ylläpitokohteiden valintaan sekä ylläpitotoimenpiteiden valintaan ja suunnitteluun.



Kuva 6. Ylläpidon toiminnansuunnittelun päätöksentekotasot, päätöksentekotilanteet ja päätöksenteon tietopohja.

Projektiryhmän asiantuntijatyönä tunnistettiin taulukossa 2 esitetyt ylläpidon suunnittelun päätöksentekotilanteet, joissa vauriotietoa käytetään tai sen käytöstä olisi selkeää lisäarvoa nykyiseen tilanteeseen nähden. Eri päätöksentekotilanteille annettiin niiden merkitystä kuvaavat kertoimet välillä 1 (ei tärkeä) – 5 (hyvin tärkeä). Lopullinen painokerroin määriteltiin yksittäisten asiantuntijoiden antamien painokertoimien tulona. Näin skaalaa saatiin laajennettua siten, että vaihtelevia painoarvoja saaneet päätöksentekotilanteet saivat arvoja kaikkien tärkeinä tai vähemmän tärkeinä pitämien päätöksentekotilanteiden väliltä.

Taulukko 2. Vauriotiedon käyttötilanteet ja niiden tärkeys.

Käyttötilanne	Tärkeys
Tulostavoitteet	2000
Kohteiden valinta	720
Rahoitustarveanalyysit ja rahoituksen jako	540
Toimintalinja	500
Perusteluviestintä	500
Tienpidon strategia	240
Toimenpiteen valinta	144
Toimivuusvaatimukset	64
Kohteiden priorisointi	54
Asiakaspalvelu	1

Taulukon 2 mukaan selkeästi tärkeimmäksi päätöksentekotilanteeksi muodostui tulostavoitteisto. Seuraavaan ryhmään kuuluvat kohteiden valinta, rahoitustarveanalyysit ja rahoituksen jako, toimintalinja ja perusteluviestintä. Tienpidon strategiassa ja toimenpiteen valinnassa vauriotiedolla arvioidaan olevan jonkin verran käyttöä, mutta toimivuusvaatimuksissa, kohteiden priorisoinnissa ja asiakaspalvelussa vauriotiedolla arvioidaan olevan vähäinen merkitys myös tulevaisuudessa.

Vauriomuuttujien tärkeys eri päätöksentekotilanteissa

Tämän jälkeen arvioitiin eri päätöksentekotilanteissa käytettävien vauriotietojen ominaisuuksien tärkeyttä. Tarkoituksena oli selvittää eri vauriomuuttujien käyttötarve Tiehallinnon ylläpitoprosessissa. Eri vauriotyyppien tärkeyttä arvioitiin projektiryhmän asiantuntijatyönä ja keskustelun tuloksena päätettiin kunkin tekijän merkitys tietyssä päätöksentekotilanteessa. Tulokset on esitetty taulukossa 3. Kaistan osien vaurio-osuudet ovat kuntorekisteriin talletettuja arvoja, VO-% Ajourat ja VO-% Muu kaista niistä mahdollisesti laskettavia yhdistelmiä¹.

¹ VO-% Ajourat = VO_Vasu + VO_Oiku, VO-% Muu kaista = VO_Vas + VO_Keski + VO_Oik.

Taulukko 3. Vauriomuuttujien soveltuvuus eri päätöksentekotilanteissa.

Käyttötilanne	VO-%	VO-% Kaistan osat	VO-% Ajourat	VO-% Muu kaista	PU-%	PU-% Kaistan osat	Poikkihalkeamat	Halkeamapituus	VO 0-5	VO 5-10	VO 10-20	VO >20	YKL	Vaurioitumisnopeus
Tienpidon strategia	EH	HY	HU	HU	HY	HU	HU	HY				HY	EH	EH
Rahoitustarveanalyysit ja rahoituksen jako	EH	HU	HU	HU	HY								HY	
Perusteluviestintä	EH	HU	HU	HU	HY	HU								
Asiakaspalvelu												EH		
Toimintalinja	EH	HU	HU	HU	HY	HU							HY	
Tulostavoitteet	HY	HU	HU	HU									EH	
Kohteiden valinta	EH	HU	HU	HU	HY								HY	
Toimenpiteen valinta	HU	HY	HU	HU	HY	HU	HU	HY	HU	HY	HY	HY	HU	
Kohteiden priorisointi					HY	HU	EH	EH	EH	EH	EH	EH		
Toimivuusvaatimukset			EH									EH		EH

Merkinnät: EH = Soveltuu erittäin hyvin, HY = soveltuu hyvin, HU = soveltuu, mutta huonosti, tyhjä = ei sovellu.

Esimerkiksi tulostavoitteisiin yhtenäisen kuntoluokituksen arvioidaan soveltuvan erittäin hyvin, vaurio-osuuden hyvin ja kaistan osien vaurio-osuuden huonosti. Muita muuttujia (purkauma, poikkihalkeamat, halkeamapituus, vaurio-osuus halkeamaleveysluokittain) tai vaurioitumisnopeuden ei tulostavoitteissa arvioida tarvittavan.

Tieto tien pinnan purkaumasta on tärkeä tieto kaikilla päätöksentekotasolla. Kuten jäljempänä kuntorekisteriaineiston analyysistä havaitaan, kaistan purkauma-osuus ei kuitenkaan sovellu käytettäväksi ilman muuttujien edelleen kehittämistä.

4.2 Vauriotiedon tarve

Tarve eri päätöksentekotilanteissa

Projektiryhmän työn sekä kotimaisen ja kansainvälisen käytännön perusteella arvioitiin eri päätöksentekotilanteissa käytettävien vauriotietojen tarvetta. Käsittelyjärjestys noudattaa edellisessä luvussa todettua päätöksentekotilanteiden tärkeyttä.

Tulostavoitteisto on Tiehallinnon keskushallinnolle keskeinen keino ohjata tiepiirien toimintaa, koska nämä pyrkivät ylläpitotoiminnallaan mahdollisimman suureen vaikuttavuuteen tulostavoitteisiin nähden, kuten tarkoitus onkin. Tulostavoitteet ohjaavat paitsi tiepiirien päällysteohjelmien laatimista, myös kohteiden priorisointia (paljonko huonokuntoisen 100-metrinen poistaminen maksaa?). Vauriotiedon saaminen käyttöön tulostavoitteena on ensiarvoisen tärkeää tiestön vaurioituneisuuden saamiseksi hallintaan ja ohjaamiseksi ylläpitotoiminnalla haluttuun suuntaan. Vuoden 2008 ja 2009 tulostavoitteistossa vaurio-osuus on yhtenä tekijänä seurattavassa muuttujassa, tosin pienellä painoarvolla (0,1 / 5). Tarkoituksena on totuttaa henkilöstö vauriotiedon käyttöön.

Ylläpitokohteet valitaan kuntomuuttujien (IRI, urasyvyys, vaurio-osuus) raja-arvojen ylittymisen perusteella. Kohteiden valintaehtoina käytettävät raja-arvot ovat lähellä tulostavoitteiston mukaisia huonokuntoisuuden määritelmiä. Inventointiin perustuvaa vauriotietoa on aiemmin käytetty rahoituksen jakoperusteena. Vauriotiedon puuttuessa rahoituksen kohdistaminen rakenteiden parantamistoimenpiteisiin on ollut vaikeaa. Näistäkin syistä vauriotietoa tarvitaan tien huonokuntoisuuden määrittämiseksi.

Toimintalinja nimensä mukaisesti ohjaa ylläpitotoimintaa, mutta myös osaltaan strategian muodostamista. Näin ollen on luontevaa, että vauriotiedolla on suuri painoarvo ylläpidon toimintalinjoissa. Perusteluviestinnässä on luontevaa käyttää vauriotietoa, koska vaurioituneisuus on helposti mielletävissä ja se kuvaa tiestön rakenteiden kuntoa.

Seuraavaksi tärkeimpään ryhmään kuuluvat tienpidon strategia ja toimenpiteen valinta. Päällysteiden ylläpidon strategiaa laadittaessa vauriotietoa voidaan ajatella käytettävän ylläpidolla tavoiteltavien vaikutusten yleisindikaattorina. Toimenpiteen valinnassa tarvitaan vaurio-osuutta tarkempaa vauriotyyppikohtaista tietoa. APVM-muuttujista sellaisia ovat halkeamapituus sekä leveiden halkeamien (> 10 mm) perusteella laskettu vaurio-osuus sekä kaistan osien vaurio-osuudet.

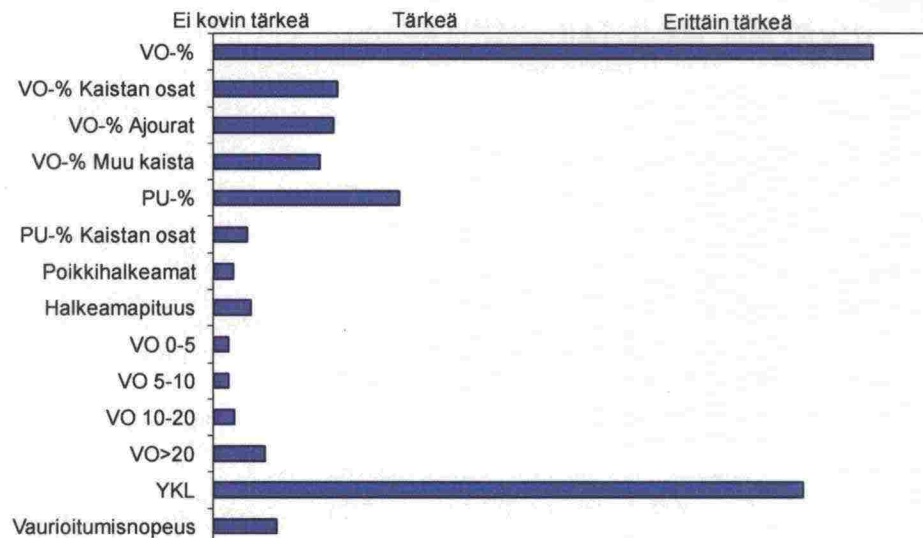
Vauriotiedon käyttö rakentamis- ja ylläpitourakoiden toimivuusvaatimuksena olisi hyödyllistä rakenteiden pitkäaikaiskestävyyden varmistamiseksi ja koska vauriotieto ohjaa ylläpitotoimenpiteiden valintaa. Vaurio-osuuden kehittymisnopeutta ei kuitenkaan vielä tunneta, eikä vaurio-osuudelle voida asettaa raja-arvoja joiden perusteella urakoissa voitaisiin määrätä arvonmuutoksia. Lisäksi 3,5 metrin mittauserveys ei leveillä teillä riitä keskisauman ja reunan halkeamien tunnistamiseen.

Kohteiden priorisoinnissa hankkeista laaditaan 1–3 vuoden työohjelma. Vauriotieto ei sellaisenaan ole hankkeita priorisoiva tekijä, vaikkakin yleisesti kohteiden kunto ja erityisesti toimenpiteillä saavutettavat hyödyt asettavat toiset hankkeet toisia tärkeämmiksi.

Asiakaspalvelussa olisi luontevaa käyttää vauriotietoa, koska vaurioituneisuus on tien käyttäjien helposti mieltämä tien kuntoa kuvaava ilmiö. Ennen kuin APVM-vauriotietoa kannattaa kuitenkaan käyttää julkisessa tiedottamisessa, asiantuntijat kannattaa totuttaa uusien muuttujien käyttöön.

Vauriotiedon ominaisuudet

Taulukossa 3 esitettyjen vauriomuuttujien ominaisuuksista tehtyjen arviointien perusteella muodostettiin kuva 7, joka havainnollistaa eri muuttujien suhteellista merkitystä. Merkitys on määritetty summaamalla päätöksentekotilanteiden tärkeydellä (taulukko 2) painotetut soveltuvuudet (taulukko 3, sannallisille arvioille on annettu lukuarvot). Kuvan 7 mukaan vaurio-osuus on selkeästi tärkein vauriomuuttuja, seuraavina tulevat purkaumaosuus ja yhteinen kuntoluokitus.



Kuva 7. Vauriomuuttujien suhteellinen merkitys ylläpidon päätöksenteossa.

Kaistan vaurio-osuus on automaattisen vauriomittauksen perusmuuttuja, joka yleisellä tasolla kuvaa tien vaurioituneisuutta (vauriotasoa). Vaurio-osuutta on kerätty vuodesta 2006. Tänä aikana tapahtuneet mittaus- ja tulkintatekniikan kehittämisen aiheuttamat muutokset kuitenkin estävät vaurio-osuuden aikasarjojen muodostamisen. Purkaumaa ja vauriotyypikohtaisia muuttujia on kerätty vasta vuonna 2008, mistä syystä niiden käyttöönoton edellytykset ovat toistaiseksi rajalliset mutta parantuvat kun muuttujien määrittelyä kehitetään ja mittauksia jatketaan tulevina vuosina.

Yhteenveto

Tärkeimmät päätöksentekotilanteet, joissa vauriotietoa tarvitaan, ovat tulosohjaus, kohteiden valinta, rahoitustarveanalyysit ja rahoituksen jako sekä toimintalinjat ja perusteluviestintä.

Potentiaalisimmiksi vauriomuuttujiksi arvioidaan vaurio-osuus, yhtenäinen kuntoluokitus (joka ei ole varsinainen kuntomuuttuja, vaan niistä johdettu luokitus), purkaumaosuus ja vaurioitumisnopeus. Seuraavissa luvuissa eri muuttujien käytettävyyttä käytännössä arvioidaan perustuen kuntorekisteritietojen analysointiin ja maastokäynteihin.

5 APVM MITTAUSTULOKSET 2006 - 2008

5.1 Mittausten edustavuus

Taulukossa 4 on esitetty APVM-mittausten edustavuus tiepiireittäin ja tieluokittain vuosittain ja yhteensä vuosina 2006–2008. Mittaukset ovat kohdistuneet tieverkolle suunnilleen samalla tavalla kaikkina vuosina, kuitenkin siten että vuonna 2007 on mitattu jonkin verran enemmän seutu- ja yhdysteitä kuin vuosina 2006 ja 2008. Kun kolmen ensimmäisen taulukon kokonaisprosenttiosuudet lasketaan yhteen, huomataan summan olevan 11 %-yksikköä suurempi kuin kokonaisedustavuuden. Tämä tarkoittaa, että toistomittauksia kahtena tai kolmena vuonna on melko paljon, noin 5600 km. Toistomittausten määrä tiepiireittäin ja tieluokittain vaihtelee luonnollisesti jonkin verran.

Taulukossa 5 on esitetty APVM-mittausten edustavuus vuosittain ja yhteensä vuosina 2006–2008 päällyste- ja tieluokittain. Sen perusteella voidaan todeta, että mittaukset ovat eri vuosina jakautuneet valtakunnan tasolla tasaisesti eri päällyste- ja tieluokkien kesken.

Taulukko 4. APVM-mittausten edustavuus vuosittain ja yhteensä vuosina 2006 - 2008 tiepiireittäin ja tieluokittain. Värit vihreästä punaiseen kuvaavat arvoja suurimmasta pienimpään kussakin reunaviivoin rajatussa taulukon osassa (eri vuosien luvut ovat samassa skaalassa, luvut alimmissa summataulukossa omassa skaalassaan).

APVM 100-metrinen määrät 2006

Piiri	VT	KT	ST	YT	Yhteensä
U	202	234	1866	4391	6693
T	2121	708	2884	7376	13089
KaS	2411	1170	3523	4138	11242
H	802	1009	3235	7758	12804
SK	1456	2535	4436	4246	12673
KS	1728	1810	1184	1807	6529
V	3207	1939	2693	5116	12955
O	2538	1913	5481	8232	18164
L	5152	4070	1766	2522	13510
Yhteensä	19617	15388	27068	45586	107659

APVM-edustavuus 2006

Piiri	VT	KT	ST	YT	Yhteensä
U	2 %	5 %	20 %	18 %	13 %
T	21 %	18 %	28 %	19 %	21 %
KaS	19 %	39 %	24 %	16 %	20 %
H	4 %	19 %	22 %	21 %	17 %
SK	14 %	36 %	22 %	18 %	21 %
KS	22 %	51 %	14 %	17 %	21 %
V	32 %	33 %	20 %	16 %	21 %
O	16 %	24 %	24 %	22 %	21 %
L	37 %	39 %	9 %	13 %	21 %
Yhteensä	17 %	30 %	20 %	18 %	20 %

APVM 100-metrinen määrät 2007

Piiri	VT	KT	ST	YT	Yhteensä
U	748	327	1383	7720	10178
T	830	765	4197	11338	17130
KaS	2427	423	5831	5895	14576
H	1420	923	5418	9592	17353
SK	949	2731	7138	5818	16636
KS	1830	1657	2956	2001	8444
V	2808	961	5542	6115	15426
O	3631	3242	6683	10092	23648
L	1559	1949	7719	7119	18346
Yhteensä	16202	12978	46867	65690	141737

APVM-edustavuus 2007

Piiri	VT	KT	ST	YT	Yhteensä
U	6 %	7 %	15 %	31 %	20 %
T	8 %	20 %	41 %	29 %	27 %
KaS	19 %	14 %	39 %	23 %	26 %
H	7 %	17 %	37 %	26 %	23 %
SK	9 %	38 %	36 %	24 %	27 %
KS	24 %	47 %	36 %	18 %	28 %
V	28 %	16 %	40 %	19 %	25 %
O	22 %	41 %	29 %	27 %	28 %
L	11 %	19 %	40 %	37 %	29 %
Yhteensä	14 %	25 %	35 %	26 %	26 %

APVM 100-metrinen määrät 2008

Piiri	VT	KT	ST	YT	Yhteensä
U	180	269	2549	6921	9919
T	1309	564	2840	11468	16181
KaS	2065	1307	3012	8047	14431
H	1075	1917	3162	9617	15771
SK	765	2413	4791	6697	14666
KS	1908	742	2710	3000	8360
V	3097	2181	3333	8448	17059
O	4119	2425	6666	7180	20390
L	2952	2017	3965	6401	15335
Yhteensä	17470	13835	33028	67779	132112

APVM-edustavuus 2008

Piiri	VT	KT	ST	YT	Yhteensä
U	1 %	5 %	27 %	28 %	19 %
T	13 %	14 %	28 %	29 %	25 %
KaS	16 %	43 %	20 %	31 %	26 %
H	6 %	36 %	22 %	26 %	21 %
SK	7 %	34 %	24 %	28 %	24 %
KS	25 %	21 %	33 %	27 %	28 %
V	31 %	37 %	24 %	26 %	28 %
O	25 %	31 %	29 %	19 %	24 %
L	21 %	20 %	20 %	33 %	24 %
Yhteensä	16 %	27 %	25 %	27 %	24 %

APVM-tieto on (100-metrinen määrät)

Piiri	VT	KT	ST	YT	Yhteensä
U	1063	736	4349	16484	22632
T	3362	1597	7539	26748	39246
KaS	4804	1897	9800	15655	32156
H	2645	2851	9508	24595	39599
SK	3058	5463	14320	16546	39387
KS	3855	3146	6199	5935	19135
V	6640	3465	9630	18143	37878
O	8245	6153	15326	24234	53958
L	6925	6873	12319	14916	41033
Yhteensä	40597	32181	88990	163256	325024

APVM-edustavuus (%)

Piiri	VT	KT	ST	YT	Yhteensä
U	8 %	15 %	46 %	67 %	44 %
T	33 %	41 %	74 %	68 %	62 %
KaS	38 %	63 %	66 %	60 %	57 %
H	14 %	54 %	65 %	67 %	52 %
SK	30 %	77 %	72 %	68 %	64 %
KS	50 %	89 %	75 %	54 %	63 %
V	67 %	59 %	70 %	57 %	62 %
O	51 %	79 %	66 %	64 %	63 %
L	50 %	67 %	63 %	77 %	65 %
Yhteensä	36 %	62 %	67 %	65 %	59 %

Taulukko 5. APVM-mittausten edustavuus vuosittain ja yhteensä vuosina 2006 - 2008 päällyste- ja tieluokittain. Värit vihreästä punaiseen kuvaavat arvoja suurimmasta pienimpään kussakin reunaviivoin rajatussa taulukon osassa (eri vuosien luvut ovat samassa skaalassa).

APVM edustavuus päällysteluokittain ja tieluokittain 2006

Pääll-ik	VT	KT	ST	YT	Yhteensä
AB	15 %	17 %	21 %	17 %	17 %
PAB	54 %	53 %	20 %	18 %	21 %
SOP			5 %	26 %	26 %
Yhteensä	17 %	30 %	20 %	18 %	20 %

APVM edustavuus päällysteluokittain ja tieluokittain 2007

Pääll-ik	VT	KT	ST	YT	Yhteensä
AB	15 %	27 %	26 %	23 %	21 %
PAB	9 %	21 %	40 %	27 %	30 %
SOP			80 %	26 %	27 %
Yhteensä	14 %	25 %	35 %	26 %	26 %

APVM edustavuus päällysteluokittain ja tieluokittain 2008

Pääll-ik	VT	KT	ST	YT	Yhteensä
AB	17 %	24 %	28 %	29 %	22 %
PAB	42 %	34 %	25 %	28 %	28 %
SOP				24 %	24 %
Yhteensä	18 %	28 %	26 %	28 %	26 %

Eri vuosien mittausohjelmat ovat kohdistuneet eri tiepiireissä päällyste- ja tieluokkiin riittävässä määrin samalla tavalla, jotta niiden perusteella voidaan arvioida eri vuosien mittautulosten yhdenmukaisuutta.

5.2 Vauriomuuttujien arvot kuntotietorekisterissä

5.2.1 Kaistan vaurio-osuus

Taulukoissa 6 ja 7 on esitetty kaistan vaurio-osuuden (VO_kaista) keskiarvot luokiteltuna tiepiireittäin/päällysteluokittain ja tieluokittain. Keskiarvot ovat yleisesti ottaen pieniä, luokkaa 1-2 %. Vuoden 2007 mittausohjelman painotuminen alemmalle tieverkolle antaisi olettaa, että tuolloin havaitut vaurio-osuudet olisivat muita vuosia korkeammat. Näin ei kuitenkaan ole, vaan vuoden 2007 arvot ovat kaikkein pienimmät.

Taulukko 6. Muuttujan VO_kaista keskiarvot vuosina 2006 - 2008 tiepiireittäin ja tieluokittain. Värit punaisesta vihreään kuvaavat arvoja suurimmasta pienimpään kussakin reunaviivoin rajatussa taulukon osassa (eri vuosien luvut ovat samassa skaalassa).

VO_kaistan keskiarvot 2006

Piiri	VT	KT	ST	YT	Yhteensä
U	2.3	0.9	1.6	1.4	1.5
T	5.0	2.7	3.9	5.2	4.7
KaS	1.2	1.8	1.0	0.5	0.9
H	1.2	1.6	1.0	1.1	1.1
SK	1.0	1.0	1.4	1.7	1.4
KS	2.9	2.4	2.1	1.5	2.2
V	3.8	6.0	4.7	2.5	3.8
O	1.5	2.8	2.1	1.8	1.9
L	1.5	1.5	0.9	2.3	1.6
Yhteensä	2.3	2.3	2.0	2.2	2.2

VO_kaistan keskiarvot 2007

Piiri	VT	KT	ST	YT	Yhteensä
U	7.1	2.7	2.3	2.1	2.5
T	0.7	0.7	1.0	0.9	0.9
KaS	2.0	1.4	1.5	1.1	1.4
H	0.6	0.3	0.5	0.6	0.5
SK	0.9	0.6	0.9	0.8	0.8
KS	1.6	1.2	0.7	0.8	1.0
V	3.0	0.8	1.1	1.0	1.4
O	0.9	0.7	0.8	0.9	0.9
L	0.4	0.5	0.9	1.0	0.8
Yhteensä	1.7	0.8	1.0	1.0	1.1

VO_kaistan keskiarvot 2008

Piiri	VT	KT	ST	YT	Yhteensä
U	2.3	1.9	1.6	1.8	1.8
T	0.8	0.9	1.3	2.0	1.8
KaS	1.6	1.4	1.6	1.2	1.4
H	1.6	1.3	0.9	1.1	1.1
SK	2.0	2.2	2.2	2.1	2.1
KS	3.1	2.7	2.8	1.8	2.5
V	1.6	1.3	1.6	1.4	1.5
O	1.6	1.6	2.2	2.3	2.1
L	2.0	0.8	2.0	2.9	2.2
Yhteensä	1.8	1.5	1.9	1.8	1.8

Taulukko 7. Muuttujan VO_kaista keskiarvot vuosina 2006 - 2008 päällyste- ja tieluokittain. Värit punaisesta vihreään kuvaavat arvoja suurimmasta pienimpään kussakin reunaviivoin rajatussa taulukon osassa (eri vuosien luvut ovat samassa skaalassa).

VO_kaistan keskiarvot päällysteluokittain ja tieluokittain 2006

Pääll-ik	VT	KT	ST	YT	Yhteensä
AB	2.5	1.8	2.5	1.6	2.2
PAB	1.5	2.6	1.8	1.9	2.0
SOP			10.7	4.8	4.8
Yhteensä	2.3	2.3	2.0	2.2	2.2

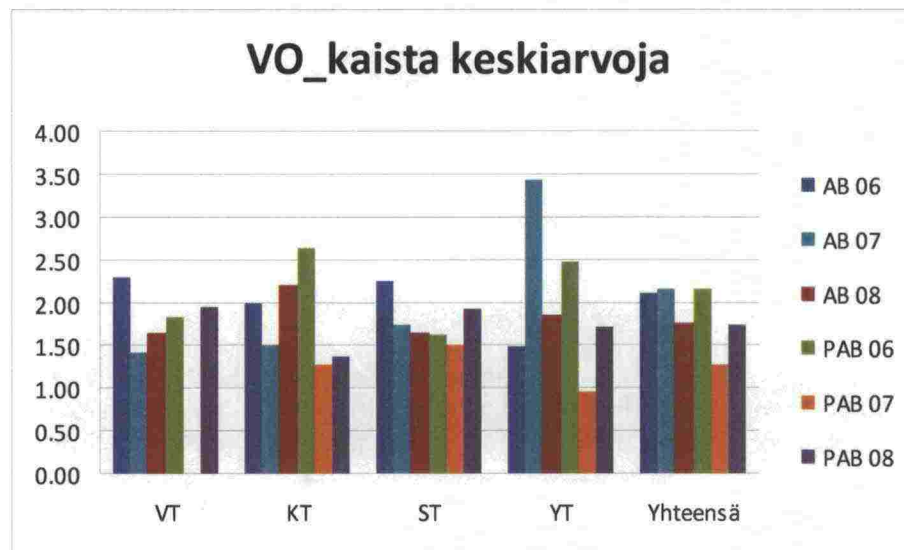
VO_kaistan keskiarvot päällysteluokittain ja tieluokittain 2007

Pääll-ik	VT	KT	ST	YT	Yhteensä
AB	1.8	0.7	1.1	1.4	1.3
PAB	0.1	0.9	0.9	0.9	0.9
SOP			1.7	1.3	1.3
Yhteensä	1.7	0.8	1.0	1.0	1.1

VO_kaistan keskiarvot päällysteluokittain ja tieluokittain 2008

Pääll-ik	VT	KT	ST	YT	Yhteensä
AB	1.8	1.7	1.6	1.5	1.7
PAB	1.9	1.3	2.0	1.7	1.8
SOP				4.1	4.1
Yhteensä	1.8	1.5	1.9	1.8	1.8

Tulosten perusteella ei voida suoraan tehdä päätelmiä vaurioituneisuuden kehittymisestä tiepiiri-, tieluokka- tai valtakunnan tasolla. Siksi tarkasteltiin erikseen niitä kohteita, jotka on mitattu useammin kuin kerran. Vuosina 2006 - 2008 vähintään kahtena vuonna mitattuja teitä on kaikkiaan 5599 km, joista eniten vuosipareja on vuosien 2006 ja 2008 mittauksissa, kaikkiaan 4855 km. Kuvassa 8 on esitetty muuttujan VO_kaista keskiarvot päällyste- ja tieluokittain kaikkina kolmena vuonna mitatuilta kohteilta (234 km).



Kuva 8. Muuttujan VO_kaista keskiarvot päällyste- ja tieluokittain vuosina 2006, 2007 ja 2008 mitatuilla kohteilla.

Kuvasta 8 havaitaan, että keskimääräiset vaurio-osuudet nousevat ja laskevat eri vuosien välillä, riippuen tieluokasta ja päällystelajista, vaikka niiden olisi pitänyt kasvaa mittausten välillä kahden vuoden aikana tapahtuneen rappeutumisen vuoksi. Mittausepävarmuuden aiheuttaman satunnainen vaihtelu on kaikkina vuosina samankaltaista, joten se ei selitä keskiarvojen epäloogisuutta. Mitatuilla kohteilla ei ole tehty ylläpitotoimenpiteitä mittausten välisenä aikana. Edelleen voidaan todeta sekä VO_kaistan arvojen että sen muutosten olevan hyvin pieniä.

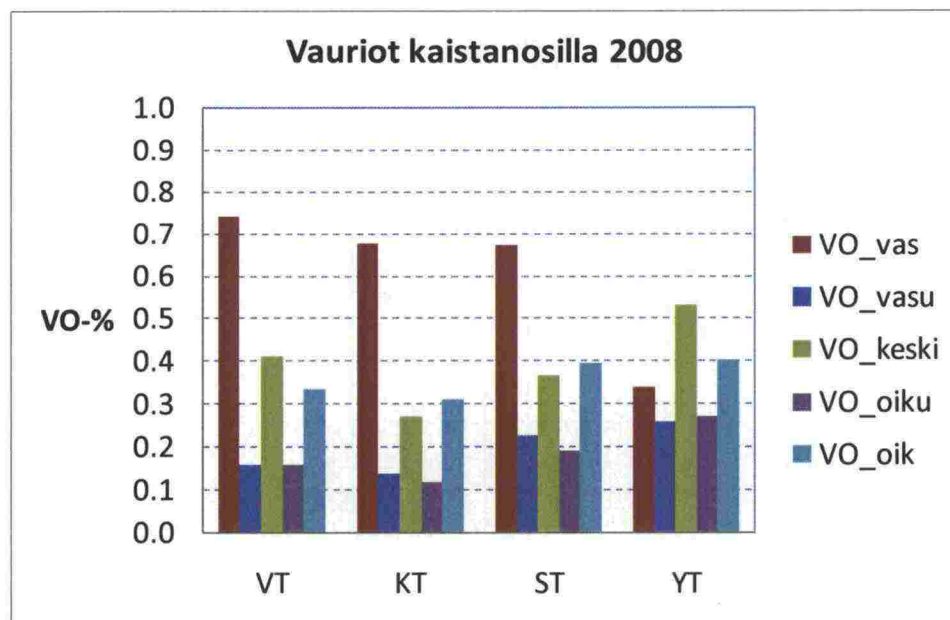
Edellisessä luvussa 5.1 esitetyn vauriomittauksen edustavuustarkastelun perusteella voidaan arvioida eri vuosien mittaustulosten yhdenmukaisuutta. Keskiarvojen muutokset eri vuosien mittaustulosten välillä eivät ole loogisia, joten aikasarjoja eri vuosina tehtyjen mittausten perusteella ei voida muodostaa. Samasta syystä tulosohjauksessa suositellaan käytettäväksi vain vuoden 2008 mittaustuloksia. Mikäli sen sijaan halutaan tarkastella tietyn tiejoukon kuntoa, eri teitä voidaan verrata toisiinsa ylläpitokohteiden valitsemiseksi eri vuosina tehtyjen mittausten perusteella.

Vuosina 2006 ja 2007 tehdyt mittaukset on tulkittu uudelleen vuoden 2008 mittausten tulkinnassa käytetyillä asetuksilla. Kuitenkin myös kuvantuottamistekniikkaa on kehitetty koko ajan, mikä voi osaltaan aiheuttaa eroja eri vuosien mittauksista tulkittuihin tunnuslukuihin (kuvin faktisesti näkyy eri määrä vaurioita). Mittaus- ja tulkintatekniikoissa tapahtuneita muutoksia tarkastellaan lähemmin jäljempänä luvussa 6.3.2. Mittausten toimittajan mukaan uusimpia, vuoden 2008 kuntorekisterimittauksia voidaan pitää luotettavimpina (Mattila 2008a).

Kaistan vaurio-osuuksien perusteella ei nykyisellään voida arvioida päällystetyn tieverkon vauriotilanteen kehittymistä tiepiireittäin tai eri luokituksilla (päällyste- ja tieluokka). Vuoden 2008 kuntorekisterimittauksista määritettyjä kaistan vaurio-osuuksia saa käyttää tulosohjauksessa ja rahoitustarveanalyysissä ja kohteiden valinnassa. Vuosien 2006 ja 2007 kuntorekisteriaineistoa voi käyttää ohjeellisena kohteiden valinnassa, mutta ei tulosohjauksessa tai rahoitustarveanalyysissä.

5.2.2 Kaistan osien vaurio-osuudet

Kuvassa 9 on esitetty kaistan osien vaurio-osuuksien keskiarvot vuoden 2008 mittauksen perusteella. Voidaan todeta, että arvot ovat hyvin pieniä, kaikki keskiarvot ovat selkeästi alle 1 %. On kuitenkin huomattava, että kaistan vaurio-osuus lasketaan kaistan osien vaurio-osuuksien summana. Kun VO_kaistan keskiarvot ovat luokkaa 1 - 2 %, kaistan osien VO-muuttujien arvot ovat väistämättä pieniä.



Kuva 9. Kaistan osien vaurio-osuuksien keskiarvot tieluokittain (1 = valtatiet, 2 = kantatiet, 3 = seututiet, 4 = yhdystiet) vuonna 2008 mitatuilla kohteilla.

Yleisesti ottaen vaurio-osuudet ovat kuvan 9 mukaan pienimmillään ajourissa ja korkeampia ajourien ulkopuolisella alueella. Tämä on jossakin määrin yllättävää, kun ajatellaan vallitsevaa vauriomekanismia. Mikäli vallitseva vauriomekanismi olisi liikennesäätönsä aiheuttama väsyminen, ajourissa mitattujen vaurio-osuuksien tulisi olla suuremmat kuin ajourien ulkopuolella. Mikäli taas vallitseva vauriomekanismi olisi sään aiheuttama vaurioituminen, vaurioita tulisi olla tasaisesti koko kaistan alueella. Vasemman ajouran vasemmanpuolisen alueen korkeita arvoja selittää keskisauman halkeama, mikä tulee huomioida dataa käytettäessä. Tällaisia poikkeustilanteita ja erityistapauksia on käsitelty esimerkkien avulla jäljempänä luvussa 6.1.4.

Automaattisen vauriomittauksen ajotapaohjeen mukaan mitatessa seurataan ajouria, mutta kapeilla teillä tien oikeaa reunaa. Ajourat asettuvat eri kohtiin

tien poikkileikkauksessa riippuen mm. tien leveydestä ja mutkaisuudesta, mikä vaikeuttaa kaistan osien VO-muuttujien tulkintaa, koska kaistan osia käsitellään kuvantulkinnassa vakiolevyisinä. Kuntorekisteriin talletettujen kaistan osien vaurio-osuuksien luotettavuutta voitaisiin lisätä määrittämällä ajourat dynaamisesti samanaikaisen uramittauksen avulla.

Kaistan osien vaurio-osuuksia voi käyttää kohteiden ja toimenpiteiden valinnassa esim. korkeiden VO_kaista arvojen tulkinnan apuna, mutta ei verkko-tasolla eikä tulosohjauksessa. Muuttujien laskennassa kaistan osien leveydet ovat vakioita, mutta teiden leveys ja ajolinjojen sijainti tien poikkileikkauksessa vaihtelee. Tämä johtaa siihen, että tietty muuttuja ei välttämättä kohdistu samaan kaistan osaan eri teillä tai samankin tien eri jaksoilla. Ajourien dynaaminen määrittäminen samanaikaisen uramittauksen avulla lisäisi kaistan vaurio-osuuksien luotettavuutta.

5.2.3 Kaistan ja kaistan osien purkaumaosuus

Taulukossa 8 on esitetty kaistan purkaumaosuuden (PU_kaista) keskiarvot tiepiireittäin ja tieluokittain vuoden 2008 mittauksen perusteella. Havaitaan, että keskiarvot ovat tiepiiristä ja tieluokasta riippumatta noin 10 %. Sama ilmiö havaitaan tarkasteltaessa purkaumaosuuden arvoja päällystelajeittain. Koska kaistan purkaumaosuus lasketaan kaistan osien purkaumaosuuksien perusteella, tämä tarkoittaa että kullakin 100 metrin jaksolla keskimäärin 10 viisimetristä kaistan osaa tulkitaan purkautuneeksi. Purkautuneeksi tulkitut 5 metrin jaksot kaistan osilla voivat sijaita samoilla tai eri kohdilla tien pituussuunnassa.

Taulukko 8. Muuttujan PU_kaista keskiarvot vuonna 2008 tiepiireittäin ja tieluokittain. Värit punaisesta vihreään kuvaavat arvoja suurimmasta pienimpään kussakin reunaviivoin rajatussa taulukon osassa.

Piiri	VT	KT	ST	YT	Yhteensä
U	8.7	9.9	10.6	10.6	10.4
T	11.2	10.5	10.9	11.0	10.9
KaS	10.5	9.9	10.7	10.7	10.6
H	10.6	11.5	11.2	11.5	11.4
SK	10.7	10.9	10.0	10.2	10.3
KS	10.1	9.8	10.6	10.3	10.3
V	10.9	10.6	11.2	11.2	11.0
O	10.6	11.2	10.0	10.9	10.6
L	10.4	10.1	9.1	10.0	9.8
Yhteensä	10.5	10.7	10.3	10.8	10.6

Purkaumaosuus ei myöskään jäljempänä luvussa 6.5.1 esitetyn ikäjakauma-tarkastelun perusteella näyttäisi kehittyvän ajassa. Tämä ja purkaumaosuuden keskiarvojen tasapäisyys ovat seurausta siitä, että purkautuneiden kohtien tunnistamisessa käytettävät raja-arvot asetetaan kullekin homogeeniselle osuudelle (päällystetyypille), jolloin purkautuneita kohtia löytyy aina suunnilleen sama määrä.

Vuosien 2006 ja 2007 mittaustuloksissa purkaumaa ei ole tunnistettu erikseen, joten näinä vuosina mitatut vaurio-osuudet saattavat sisältää purkautuneita kohtia. Vuoden 2008 mittauksista määritetyt vaurio- ja purkaumaosuudet eivät ole keskenään yhteismitallisia, koska niiden määrittämisperiaatteet ovat erilaiset. Niitä ei siten voida esim. laskea yhteen tai vähentää purkaumaosuutta vaurio-osuudesta.

Mittausten toimittajan mukaan (Wahlman 2008) Tiehallinnon tulisi edelleen selvittää päällystetyyppien tunnistamista mitatuista RMS-arvoista, koska purkaumaosuuden laskenta toimii vain niillä päällystetyypeillä joilla se on testattu osana kevään 2008 hyväksymistestiä. Menetelmällä ei myöskään saada selville purkautuneen päällysteen määrää 5 metrin jakson sisällä.

Kaistan purkaumaosuus -muuttujaa ei voi käyttää ilman sen edelleen kehittämistä. Vakavimmat puutteet liittyvät tällä hetkellä siihen, että päällysteen karkeuden raja-arvot asetetaan tieosakohtaisesti. Tämä on syynä keskiarvojen samankaltaisuuteen eri tiepiirien ja tieluokkien kesken.

Kaistan purkaumaosuus lasketaan kaistan osien purkaumaosuus -muuttujien keskiarvona. Myöskään niitä ei toistaiseksi voida käyttää ilman lisäselvityksiä.

5.2.4 Halkeamapituus

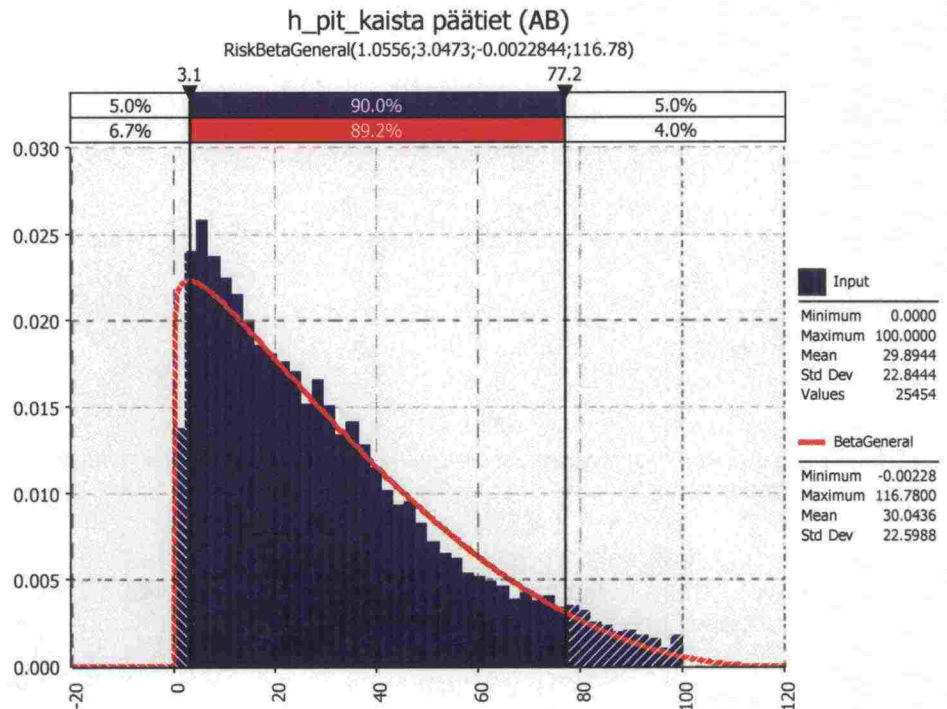
Taulukossa 9 on esitetty halkeamapituuden keskiarvot vuonna 2008 tiepiireittäin ja tieluokittain. Voidaan todeta, että keskiarvot vaihtelevat välillä 16 - 45 metriä ja että tiepiiri- ja tieluokkakokoeroja on. Halkeamapituuden vuosikehitystä arvioidaan jäljempänä luvussa 6.5.1

Taulukko 9. Halkeamapituuden keskiarvot vuonna 2008 tiepiireittäin ja tieluokittain. Värit punaisesta vihreään kuvaavat arvoja suurimmasta pienimpään kussakin reunaviivoin rajatussa taulukon osassa.

Piiri	VT	KT	ST	YT	Yhteensä
U	36	31	28	27	29
T	16	17	22	23	22
KaS	30	23	25	18	22
H	28	23	18	17	19
SK	35	38	34	27	32
KS	45	40	43	30	38
V	26	26	26	19	23
O	31	29	32	29	30
L	33	17	29	35	31
Yhteensä	31	27	29	24	27

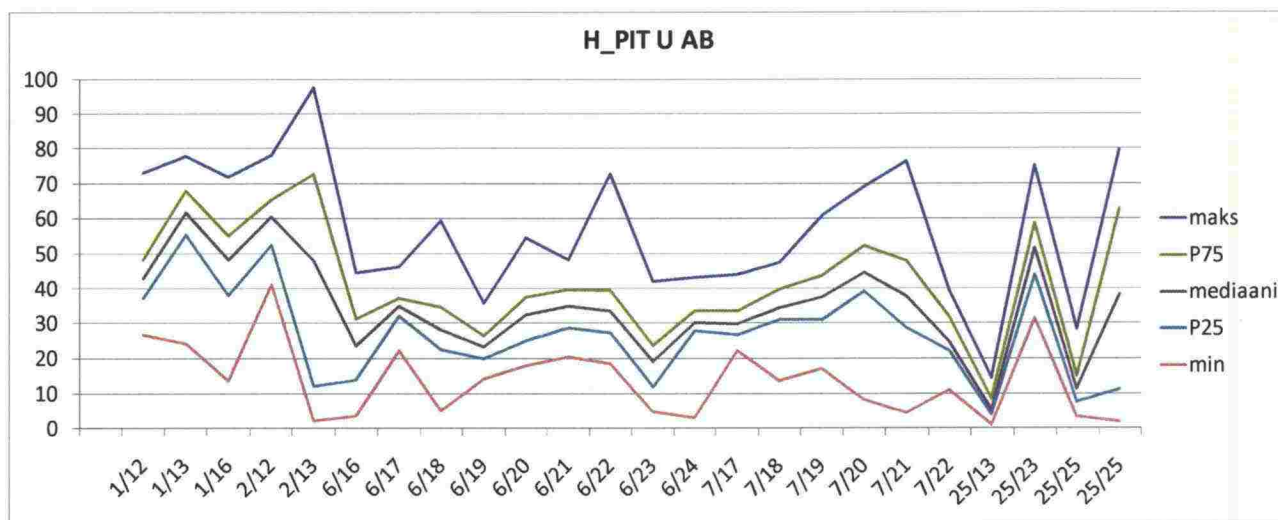
Kuvassa 10 on esitetty halkeamapituuden jakauma AB-päällysteisillä pääteillä vuoden 2008 mittauksissa. Havaitaan, että pieniä arvoja on paljon ja havaintojen määrä vähenee suurilla arvoilla kohti mentäessä mutta että myös suuria arvoja on. 5 % arvoista on suurempia kuin 77 metriä. Tämä tarkoittaa

sitä, että 100-metrinen välillä on eroja verrattaessa niitä toisiinsa halkeamapituuden perusteella.



Kuva 10. Halkeamapituuden jakauma pääteillä vuonna 2008 mitatuilla kohteilla.

Halkeamapituutta voidaan yhdessä kaistan vaurio-osuuden kanssa käyttää kohteiden valinnassa. Kuvassa 11 on esitetty halkeamapituuden jakaumapisteitä U-piirin vuonna 2008 mitatuilla kestopäällysteteillä, jotka ovat valtaosa kantateitä. Käyrät kuvaavat jakauman prosenttipisteiden vaihtelua (pystyakselilla) tieosittain (vaaka-akselilla). Huomataan, että kohteiden välillä on suuria eroja. Esimerkiksi tiellä 25 tieosalla 13 suurin halkeamapituus on alle 20 metriä / 100 metriä, kun taas tieosalla 23 halkeamapituus vaihtelee välillä 30 - 75 metriä / 100 metriä. Halkeamapituuden käyttöä kohteiden valinnassa käsitellään yksityiskohtaisesti jäljempänä luvussa 6.2



Kuva 11. Halkeamapituus (pystyakselilla metreinä) U-piirin vuonna 2008 mitatuilla kestopäällysteteillä, vaaka-akselilla tie/tieosa.

Halkeamapituuden määritelmän mukaisesti kaksi rinnakkaista pituushalkeamaa tuottavat saman halkeamapituuden kuin yksi pituushalkeama. Poikkihalkeaman tuottama halkeamapituus tuottaa sen suuruudesta riippuen yhden (0,1 metriä) tai muutaman ruudun verran halkeamapituutta. Näin ollen halkeamapituutta ei yksinään voida käyttää toimenpiteiden valintaan tai esim. juotospituuden laskemiseen.

Halkeamapituutta voidaan käyttää kohteiden valintaan yhdessä kaistan vaurio-osuuden kanssa. Sitä ei voida käyttää yksinään toimenpiteiden valintaan, eikä sen perusteella voida päätellä esim. tarvittavaa juotospituutta.

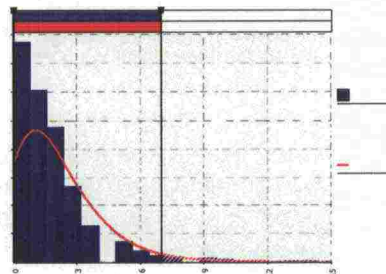
5.2.5 Poikkihalkeamien määrä

Poikkihalkeamat tuottavat melko pieniä VO-muuttujien arvoja. Yksi kaistan yli ulottuva poikkihalkeama tuottaa 100 metrillä arvon $(1/1\ 000) \cdot 100\ \% = 0,1\ \%$ ja 10 metrillä arvon $(1/100) \cdot 100\ \% = 1,0\ \%$. Kuntorekisteriin talletetaan muuttujana poikkihalkeamien määrä 100 metrillä. Käytännössä poikkihalkeamia on keskimäärin 2 kpl 100 metrillä (taulukko 10). Erot tiepiirien ja tie-luokkien välillä ovat samantapaisia kuin halkeamapituudellakin, mutta keskiarvon vaihtelu absoluuttisina arvoina pienempää.

Taulukko 10. Poikkihalkeamien määrän keskiarvot / 100 metriä vuonna 2008 tiepiireittäin ja tieluokittain. Värit punaisesta vihreään kuvaavat arvoja suurimmasta pienimpään kussakin reunaviivoin rajatussa taulukon osassa.

Piiri	VT	KT	ST	YT	Yhteensä
U	2.7	2.2	1.9	1.8	1.9
T	1.2	1.2	1.7	3.5	2.9
KaS	1.6	2.0	1.7	1.6	1.6
H	3.4	1.4	0.6	1.0	1.1
SK	1.8	2.1	2.2	3.2	2.5
KS	4.1	3.2	2.1	1.5	2.4
V	1.9	1.2	1.4	2.1	1.8
O	1.6	1.3	2.4	3.5	2.5
L	1.7	0.6	2.4	4.3	2.8
Yhteensä	2.0	1.5	1.9	2.5	2.2

Poikkihalkeamien lukumäärän jakauma AB-päällysteisillä pääteillä vuoden 2008 mittauksissa on esitetty kuvassa 12. Havaitaan, että pieniä arvoja on paljon mutta että suuria arvoja ei juurikaan ole. Peräti 95 % arvoista on pienempiä kuin 7 kpl / 100 metriä. Tämä tarkoittaa sitä, että 100-metristen väleille ei saada eroja verrattaessa niitä toisiinsa poikkihalkeamien lukumäärän perusteella.



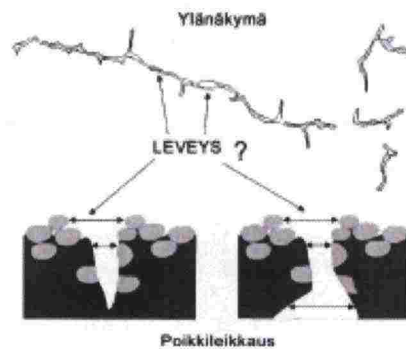
Kuva 12. Poikkihalkeamien lukumäärän jakauma pääteillä vuonna 2008 mitatuilla kohteilla.

Epätasaisia poikkihalkeamia ei voida erottaa tasaisista poikkihalkeamista kaksikulotteisen kuvan tulkinnalla. Epätasaisen poikkihalkeamien tunnistaminen PTM-autolla mitatusta tien pinnan profiilista on mahdollista raakadatan käsittelyvaiheessa, mutta ei enää kuntorekisteritason aineistosta. Niiden tunnistaminen pitää haluttaessa tehdä erikseen PTM-mittausten osana.

5.2.6 Vaurio-osuus halkeamaleveysluokittain

Runsas leveät halkeamat ja verkkohalkeilu voivat aiheuttaa ylläpitotarpeen, vaikka tien tasaisuus olisikin hyvä. Lisäksi ne voivat vaikuttaa toimenpiteen valintaan siten, että valitaan esim. rakenteen parantaminen uudelleenpäällystämisen sijaan. Vaurio-osuus halkeamaleveysluokittain lasketaan koko kaistalle. Muuttujien avulla voidaan arvioida halkeilun vakavuutta. Verkkohalkeilua ei tunnisteta erillisenä vauriotyyppinä.

Automaattisen kuvantulkinnan eräs keskeinen ongelmakohta on halkeaman leveyden määrittäminen. Kuvantuottamis- ja tulkintatekniikan resoluutio kyllä riittää halkeamien tunnistamiseen, mutta halkeaman leveyden päättely kaksikulotteisesta kuvasta voi olla ongelmallista, etenkin kun halkeaman leveys on erilainen eri syvyydellä halkeamassa (kuva 13, Tiehallinto 2007a). Halkeamien tunnistaminen perustuu vierekkäisten pikseleiden välisiin sävyeroihin. Tästä syystä halkeamien erottelu luotettavasti kovin moneen luokkaan ei ole mielekästä.



Kuva 13. Halkeaman leveyden määrittämisen ongelma: Miltä syvyydeltä leveys määritetään? Kaksikulotteisessa kuvassa tulkinta tapahtuu vierekkäisten pikseleiden sävyerojen perusteella (Tiehallinto 2007a).

Alle 3 mm resoluutiolle halkeamaleveyden tunnistuksessa ei ole käytännön tarvetta². Monessa tapauksessa asiakas antaa resoluutiolle suuren painoarvon, vaikka kapeat halkeamat eivät käytännössä yleensä johda ylläpitotoimenpiteisiin. Tällä perusteella halkeamaleveyden luokkarajat ovat oikeasuuntaiset.

Kaistan vaurio-osuus soveltuu ylläpitokohteiden valintaan. Kaistan vaurio-osuudessa on mukana kaikki halkeamat leveydestä riippumatta. Vaurio-osuus halkeamaleveysluokittain kuvaa sitä, minkä levyisiä halkeamat lähinnä ovat. Leveät (> 10 mm) halkeamat aiheuttavat sen, että valitaan raskaampi toimenpide kuin jos halkeamat ovat kapeita (Kasari 2008). Näin ollen sitä voidaan käyttää apuna kohteiden ja toimenpiteiden valinnassa. Halkeamaleveysluokkia voisi olla myös vähemmän kuin nykyiset neljä.

Vaurio-osuutta kahdessa leveimmässä halkeamaluokassa (10-20 mm ja yli 20 mm) voidaan käyttää lisätietona kohteiden ja toimenpiteiden valinnassa. Suuri vaurio-osuus näissä luokissa voi aiheuttaa ylläpitotarpeen, vaikka tien tasaisuus olisikin hyvä, tai raskaamman toimenpiteen tarpeen.

² Perustuu konsultin käymiin keskusteluihin mm. PIARC:n SURF2008 konferenssissa, johon osallistuivat mm. mittauksen tuottajat, laitevalmistajat, kuvantulkitsijat ja laadunvarmistajat.

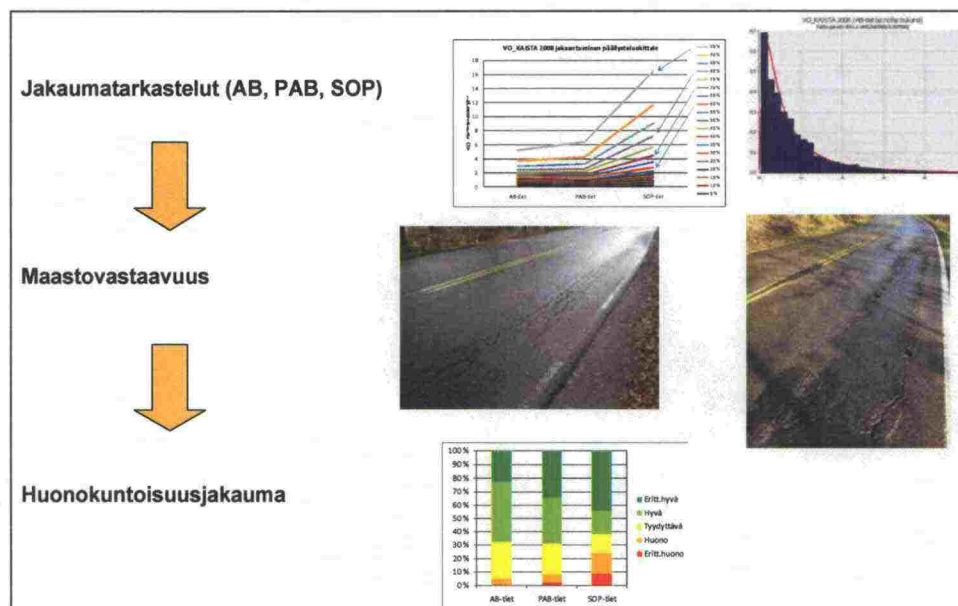
6 TUNNUSLUKUJEN TULKINTA JA KÄYTTÖ

6.1 Yhtenäinen kuntoluokitus (YKL)

6.1.1 Luokituksen muodostamisperusteet

Yhtenäisessä kuntoluokituksessa (YKL) päällystetyt tiet jaetaan viiteen luokkaan urasyvyyden, tasaisuuden ja inventoidun vauriosumman perusteella (Tiehallinto 2005). Vauriosumman tilalle luokitteluperusteena esitetään luvussa 5.2.1 esitetyn mukaisesti muuttujaa VO_kaista. Raja-arvojen määrittäminen on tehty kolmivaiheisesti siten, että (kuva 14):

- Ensin on tarkasteltu vaurio-osuusmuuttujan jakaumia.
- Sitten on määritetty alustavia raja-arvoja ja tarkasteltu niiden avulla maastovastaavuutta.
- Lopuksi on sovellettu erilaisia raja-arvoja ja tarkasteltu koko tiestön tasolla kuntoluokkajakaumia.



Kuva 14. Kuntoluokituksen muodostamisen vaiheet.

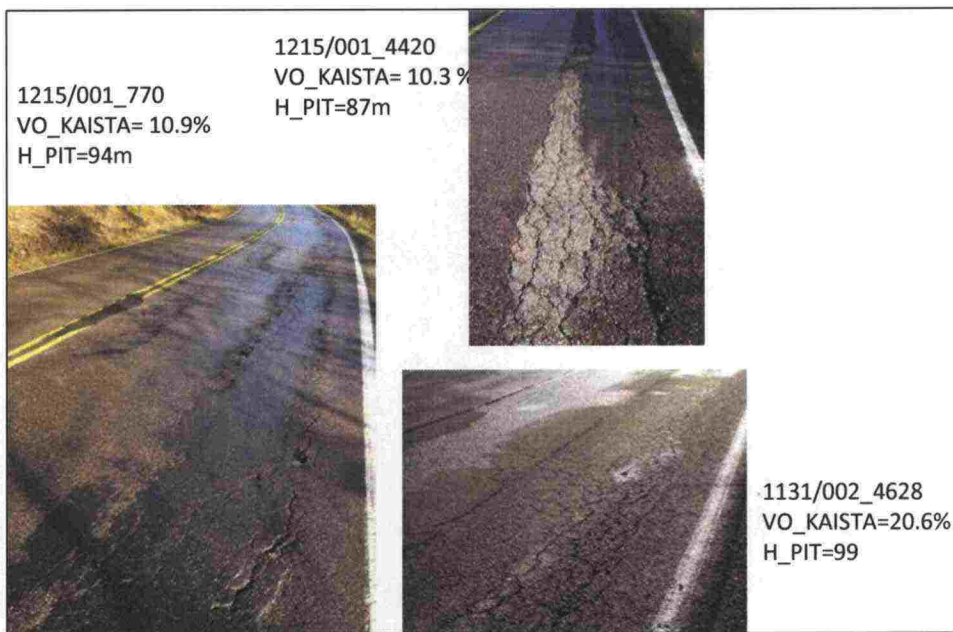
Vaurio-osuusmuuttujan jakaumia ja arvoalueita on tarkasteltu tieluokittain, päällysteluokittain ja osin myös tieosittain. Näiden pohjalta on saatu kokonaiskuva siitä millä arvoalueella mittaustulokset ovat ja muodostettu alustava kuva siitä miten mitatun tieverkon pituus vaurioiden suhteen jakaantuu. Tarkastelu on tehty vuoden 2008 mittausaineiston perusteella, koska vuosien 2006 ja 2007 mittausaineistojen vertailukelpoisuudesta uusimman, luotettavimmaksi arvioidun aineiston ei voitu varmistua (kts. luku 5.2.1).

Alustavan jakaumatarkastelun pohjalta valittiin Uudenmaan tiepiirin alueelta kohteita ja suoritettiin niille maastovastaavuuskatselmus. Sitä varten tulostettiin kohteiden 100-metrin tason vauriodata. Ajettaessa kohteet niistä valokuvattiin kiinnostavia kohtia. Maastotarkastelussa kiinnitettiin erityishuomio

huonokuntoisiin osuuksiin ja verrattiin niiden vauriodataa maastossa. Tämän tarkastelun perusteella päällysteen huonokuntoisuus alkaa näkyä jo selvästi VO_kaistan ylittäessä 5 %. Vaurio-osuuden ylittäessä arvon 10 % päällyste on tyypillisesti jo lähes täynnä halkeamia. Yli 20 % arvot ovat melko harvinaisia ja silloin päällyste on hyvin rikkonaista.

Lopulliset luokkarajat ovat syntyneet soveltamalla edellä saatuja luokkarajoja sekä arvioimalla kuinka suuria tiepituuksia kuhunkin luokkaan niiden perusteella saadaan. Luokitus ei ole hyväkuntoisessa päässä kovin tarkka, mutta yhtenä kiinnekohtana voidaan pitää sitä tosiasiaa, että ensimmäiset vauriot syntyvät päällysteisiin jo melko aikaisessa vaiheessa. Erittäin hyväkuntoisia päällysteitä voisi olla korkeintaan alle 5 vuoden uusimismäärää vastaava osuus, mikä on suuruusluokkana noin 18 000 km. Hyvän ja tyydyttävän luokan välisen rajan pohdinnassa tulee mitatun vauriotiedon maastovastaavuus avuksi. Huonokuntoisiksi luokiteltavia päällysteitä saadaan esitetyn luokituksen perusteella 4000 km, mikä on hiukan enemmän kuin kolmen vuoden takainen vaurioinventoinnilla saatu arvio, mutta suuruusluokaltaan kuitenkin samaa tasoa. On huomattava, että tämä on arvio kaistapituudesta ja toisen suunnan kaistan vaurioita tämä mittari ei ota huomioon.

Kuvassa 15 on esitetty tyypillisiä kuntoluokkaan erittäin huono luokiteltavia teitä. Päällyste on niin rikkonaista, että kyseiselle tiejaksolle olisi jo pitänyt tehdä ylläpitotoimenpide.



Kuva 15. Tyypillisiä erittäin huonokuntoisia AB-teitä. VO_kaistan arvot ovat yli 10 % ja h_pit_kaista saa yleensä yli 90 metrin arvoja.

6.1.2 Vaurioluokkien raja-arvot

Vaurioluokkien raja-arvot kolmelle eri päällysteluokalle (AB, PAB ja SOP) on esitetty taulukossa 11. Vaurioluokkien lukumäärä on muun YKL-luokituksen tapaan viisi ja niiden sisältökuvaus vastaa päällysteen kuntoluokkien sisältökuvausta. Vaurioluokkien raja-arvot eivät riipu liikennemäärästä eivätkä no-

peusrajoituksista. AB- ja PAB-päällysteille on samat luokkarajat. SOP-päällysteille luokkarajat ovat niitä korkeammat, koska niillä VO-kaistan saamien arvojen vaihtelu on AB- ja PAB-teitä suurempaa ja toisaalta SOP-teiden liikennemäärät on AB- ja PAB-teitä vähäisempiä.

Taulukko 11. Vaurio-osuuden raja-arvot yhtenäistä kuntoluokitusta (YKL) varten eri päällystelajeilla. Luokan yläraja kuuluu luokkaan. Viittaukset tekstissä liikennemäärä- ja nopeusrajoitusluokkiin liittyvät ura- ja tasaisuusrajoihin.

Luokka	Luokan nimi	Luokan kuvaus	AB ja PAB	SOP
5	Erittäin hyvä	Tie on uusi, juuri päällystetty tai muutoin erittäin hyvässä kunnossa suhteessa liikennemäärään ja nopeustasoon. Ylläpitotarpeita ei ole.	≤ 0.5	≤ 1.6
4	Hyvä	Tie on normaalisti kulunut, mutta hyvässä kunnossa suhteessa liikennemäärään ja nopeustasoon. Ylläpitotarpeita ei ole.	0.5 - <u>1.8</u>	1.6 - <u>3.1</u>
3	Tyydyttävä	Tiellä on jo epätasaisuutta tai vaurioita, mutta kunto on tyydyttävä suhteessa liikennemäärään ja nopeustasoon. Huonokuntoisempien tiejaksojen yhteydessä näiden tiejaksojen ylläpitotoimet ovat kuitenkin jo perusteltuja.	1.8 - <u>5.0</u>	3.1 - <u>5.7</u>
2	Huono	Tien pintakunto on liikennemäärä ja nopeustaso huomioon ottaen korjausta edellyttävässä kunnossa. Ylläpitotoimenpiteet kohdistetaan ensisijaisesti tämän kuntoluokan teille.	5.0 - <u>10.0</u>	5.7 - <u>12.2</u>
1	Erittäin huono	Tie on erittäin epätasainen tai vaurioitunut ja suhteessa liikennemäärään ja nopeustasoon "hävettävän" huonossa kunnossa. Päällyste on perusteltua korjata tai purkaa pikaisesti.	> 10.0	> 12.2

Vaurio-osuuden raja-arvot riippuvat tässä esityksessä päällystelajista. Kuntoluokituksessa muiden kuntomuuttujien raja-arvot riippuvat tien liikennemäärästä ja nopeusrajoituksesta. Vaikka automaattisen vauriomittauksen tarkkuus on parempaa kuin visuaalisen inventoinnin tarkkuus, sekin mahdollistaa teiden luokittelun luotettavasti vain noin 3 luokkaan (kts. jäljempänä luku 6.3 YKL:n rakenteen yhtenäisyyden vuoksi tiet luokitellaan vauriotiedon perusteella kuitenkin 5 luokkaan. Luokittelussa oleellista on erottaa kahteen parhaaseen luokkaan (5 ja 4) ja toisaalta kahteen huonoimpaan luokkaan (2 ja 1) kuuluvat tiet toisistaan ja kuntoluokkaan 3 kuuluvista teistä. Tähän vauriomittauksen tarkkuus riittää.

Useamman taustamuuttujan (liikennemäärä ja nopeusrajoitus) huomioiminen kuntoluokituksessa on mielekästä kun on saatu kerättyä vuoden 2008 mittaustietojen kanssa kunnolla vertailukelpoinen aineisto koko verkolta. Lisäksi olisi suotavaa, että mittaustarkkuus riittäisi luokitteluun tiet 5 luokkaan. Tässä tilanteessa kannattaa ensin hankkia vauriotiedon käytöstä enemmän kokemuksia ja vasta sen pohjalta arvioida tarvetta useamman taustamuuttujan huomioimisesta luokituksessa.

6.1.3 Vaurioiden kuntoluokkajakaumat

Päällysteiden vaurioluokkajakauma vuoden 2008 mittausten ja taulukossa 11 esitettyjen raja-arvojen perusteella on esitetty taulukossa 12. Taulukossa 13 on esitetty päällysteiden vaurioluokkajakauma laajennettuna koko päällystetylle maantieverkolle. Erittäin huonokuntoisia päällysteitä on sen mukaan (vauriotiedon osalta) noin 1000 km ja huonokuntoisia päällysteitä noin 3000 km. Suurin osa tieverkosta on hyvässä kunnossa ja melko suuri osa myös tyydyttävässä ja erittäin hyvässä kunnossa. Huonokuntoisista

päällysteistä noin 1200 km on AB-päällysteillä, noin 2300 km PAB-päällysteillä ja noin 450 km SOP-päällysteillä.

Taulukko 12. Yhtenäisen kuntoluokituksen jakauma vaurio-osuuden perusteella vuoden 2008 mittausten perusteella.

Kuntoluokkajakauma v. 2008 mitatuista teistä

VO_lk	AB-tiet	PAB-tiet	SOP-tiet	Yhteensä
Eritt.hyvä	22.8 %	34.5 %	44.3 %	30.6 %
Hyvä	45.2 %	34.4 %	17.8 %	37.8 %
Tyydyttävä	26.5 %	23.0 %	13.5 %	24.0 %
Huono	4.8 %	6.0 %	15.6 %	5.9 %
Eritt.huono	0.7 %	2.1 %	8.8 %	1.8 %
Yhteensä	100 %	100 %	100 %	100 %

Taulukko 13. Yhtenäisen kuntoluokituksen jakauma vaurio-osuuden perusteella vuoden 2008 mittausten perusteella laajennettuna koko päällystetylle maantieverkolle.

Kuntoluokkajakauma koko tiestölle laajennettuna

VO_lk	AB-tiet	PAB-tiet	SOP-tiet	Yhteensä
Eritt.hyvä	5175	10459	845	16479
Hyvä	10273	10434	340	21047
Tyydyttävä	6014	6969	257	13240
Huono	1085	1813	298	3197
Eritt.huono	169	629	168	967
Yhteensä	22717	30305	1908	54931

Taulukossa 14 on esitetty päällysteiden kuntojakaumat vaurioluokan suhteen tiepiireittäin. Jakauman pohjana ovat vuoden 2008 mittaukset. Huonokuntoisia päällysteitä on sen mukaan 7,4 %. Suhteellisesti vähiten niitä Hämeen tiepiirissä (2,8 %) ja eniten Lapin piirissä (11,6 %). Lukuihin vaikuttaa paitsi päällysteiden kunto myös se miten kattavasti eri piireissä on mitattu tieluokkiin kuuluvia teitä. Päällysteiden kuntojakaumat vaurioluokan suhteen tieluokittain ja ylläpitoluokittain on esitetty liitteessä 2.

Taulukko 14. Yhtenäisen kuntoluokituksen jakauma vaurio-osuuden mukaan vuoden 2008 mittausten perusteella tiepiireittäin. Oikeanpuolimmaisessa sarakkeessa värit punaisesta vihreään kuvaavat arvoja suurimmasta pienimpään.

VO_KAISTA (KM)							VO_KAISTA (%)							Huonot	
Piiri	Kuntoluokka					Yhteensä	Piiri	Kuntoluokka					Yhteensä	km	%
	5	4	3	2	1			5	4	3	2	1			
U	274	475	315	55	11	1129	U	24.2 %	42.1 %	27.9 %	4.9 %	0.9 %	100 %	66	5.8 %
T	742	523	222	84	52	1624	T	45.7 %	32.2 %	13.7 %	5.2 %	3.2 %	100 %	136	8.4 %
KaS	618	512	311	61	6	1508	KaS	41.0 %	33.9 %	20.6 %	4.1 %	0.4 %	100 %	68	4.5 %
H	808	508	210	40	3	1569	H	51.5 %	32.4 %	13.4 %	2.5 %	0.2 %	100 %	43	2.8 %
SK	410	590	487	122	29	1639	SK	25.0 %	36.0 %	29.7 %	7.4 %	1.8 %	100 %	151	9.2 %
KS	131	310	345	76	15	878	KS	14.9 %	35.4 %	39.4 %	8.6 %	1.8 %	100 %	91	10.4 %
V	707	609	299	66	27	1708	V	41.4 %	35.6 %	17.5 %	3.8 %	1.6 %	100 %	93	5.4 %
O	671	862	536	135	59	2263	O	29.6 %	38.1 %	23.7 %	6.0 %	2.6 %	100 %	194	8.6 %
L	450	567	391	143	42	1593	L	28.2 %	35.6 %	24.6 %	9.0 %	2.6 %	100 %	185	11.6 %
Yhteensä	4811	4957	3117	781	246	13911	Yhteensä	34.6 %	35.6 %	22.4 %	5.6 %	1.8 %	100 %	1027	7.4 %

Vaurioluokkakajakaumaa suositellaan käytettäväksi ura- ja tasaisuusluokkakajakaumien kanssa YKL:n määritelmän mukaisesti siten, että tiejakson huonokuntoisuus määräytyy luokaltaan huonoimman kuntomuuttujan mukaan.

Johtopäätöksenä voidaan todeta, että päällystetty tieverkko voidaan luokitella myös vauriotiedon suhteen samaan tapaan kuin muukin päällysteiden kuntotieto viiteen eri luokkaan. Vaurioiltaan huonokuntoisia päällysteitä on noin 4000 km eli 7,4 %.

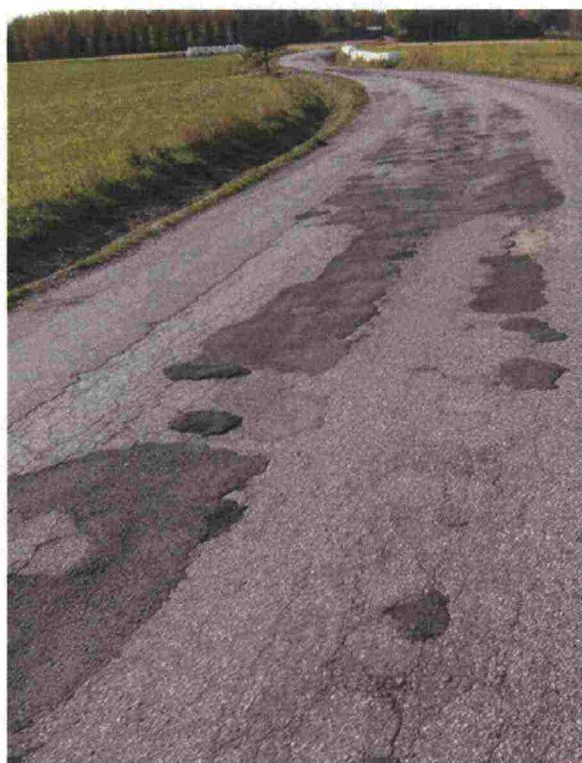
6.1.4 Poikkeustilanteita ja erikoistapauksia

Vaurioluokituksen raja-arvojen laadinnassa on tukeuduttu jakauma- ja maastotarkasteluihin, joiden perusteella luokituksen raja-arvot on saatu muodostettua. Kuntorekisteriaineistossa esiintyy kuitenkin monenlaisia erikoistapauksia, joissa luokitus ei välttämättä vastaa maastossa kävijän mielikuvaa tien kunnosta. Tällaisia poikkeustilanteita, joissa mitattu vauriotieto poikkeaa maastosta saatujen havaintojen kanssa voivat olla mm. seuraavat:

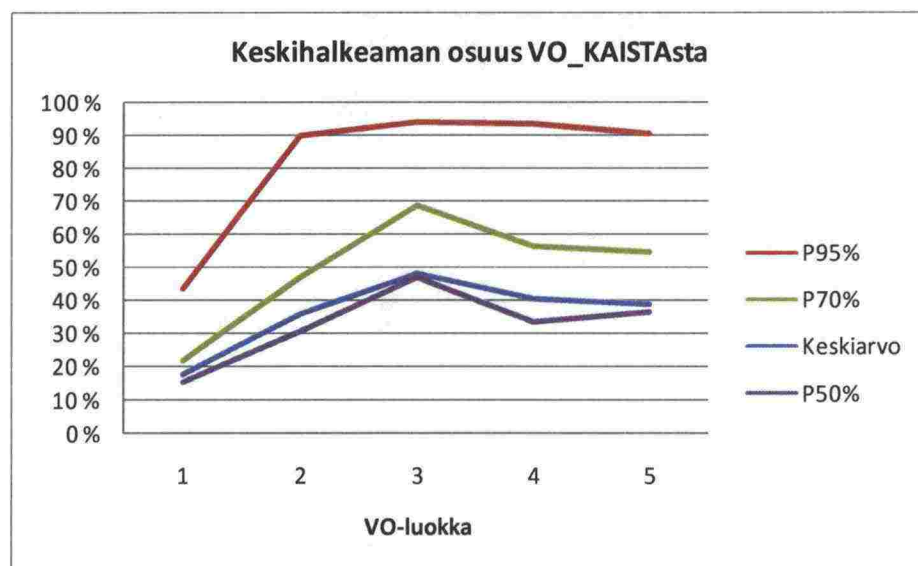
- Likaa sisältävät tai muuten täyttyneet halkeamat, joiden havainnointi näyttää olevan epävarmaa (kuva 16).
- Pienet reiät ja paikkojen reunat ja ratkenneet juotossaumat, jotka eivät välttämättä näy mittaustiedossa (kuva 17).
- Vauriomitauksessa on tai ei ole joko keskisauman tai reunan pitiushalkeama, jolloin muuten ehjän tien vaurio-osuus vaihtelee merkittävästi sen mukaan onko halkeama mittausalueella vai ei (kuvat 18 ja 19).



Kuva 16. Hiekalla täyttyneitä halkeamia, jotka eivät välttämättä kaikki näy vauriomitauksissa.

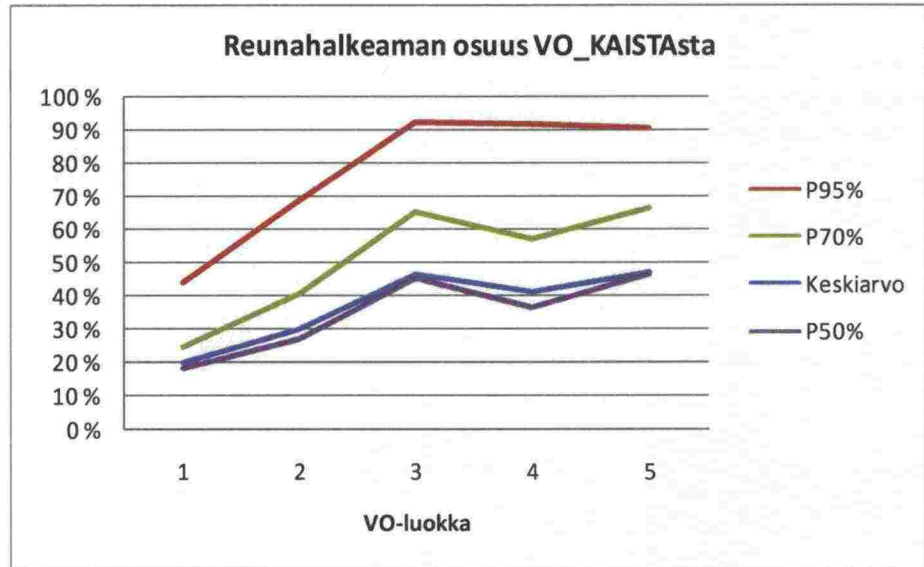


Kuva 17. Reikiintynyt ja paikattu SOP-tie. Visuaalisesti tarkastellen melko huonossa kunnossa. Kaikki vauriot eivät näy mittaustiedossa.



Kuva 18. Keskihalkeaman (VO_vas) osuus VO_kaista arvoista vaurioluokittain. Keskihalkeaman osuus vaurioarvoista kasvaa kun kuntoluokka paranee. Keskihalkeaman vaikutus vauriotasoon saattaa olla joissakin tilanteissa suuri (vrt. P95%, 5 %:lla tapauksista VO tulee 90 %:sti keskihalkeamista ja vie tien jopa kuntoluokkaan 2).

Vaurioluokassa 1 keskihalkeaman (vasemman ajouran vasemman puolen halkeamien) osuus VO_kaistasta on keskimäärin noin 20 %. Kun kuntoluokka paranee niin sen osuus kasvaa ja suurin se on vaurioluokassa 3 (keskimäärin lähes 50 %). Vaurioluokissa 4 ja 5 (hyväkuntoiset ja erittäin hyväkuntoiset tiet) keskihalkeaman osuus on keskimäärin 40 %, mutta on tilanteita, joissa sen osuus on jopa 90 % eli vauriotieto koostuu pääosin siitä.



Kuva 19. Reunahalkeaman (VO_oik) osuus VO_kaista arvoista vaurioluokittain. Reunahalkeaman osuus vaurioarvoista kasvaa kun kuntoluokka paranee. Sen vaikutus vauriotasoon saattaa olla joissakin tilanteissa suuri (vrt. P95%, 5 %:lla tapauksista VO tulee 90 %:sti reunahalkeamista ja vie tien jopa kuntoluokkaan 3).

Reunahalkeamien (oikean ajouran oikean puolen halkeamien) osuus kaistan vaurio-osuudesta käyttäytyy pääsääntöisesti samaan tapaan kuin keskihalkeaman osuuskin, mutta niiden vaikutus ei ole yhtä voimakas. Lisäksi ne eivät yksinään tee tiestä luokaltaan huonokuntoista (luokka 2) kuten keskihalkeama saattaa tehdä, mihin tulee suhtautua tietyllä varauksella. Kuitenkin joissain tapauksissa paremmissa kuntoluokissa suuri osuus vaurioista tulee reunahalkeamista.

Sama ilmiö on havaittavissa kuvassa 9, jonka mukaan suuri osa vauriosummasta tulee vasemman ajouran vasemmalla puolella ja oikean ajouran oikealla puolella olevista halkeamista.

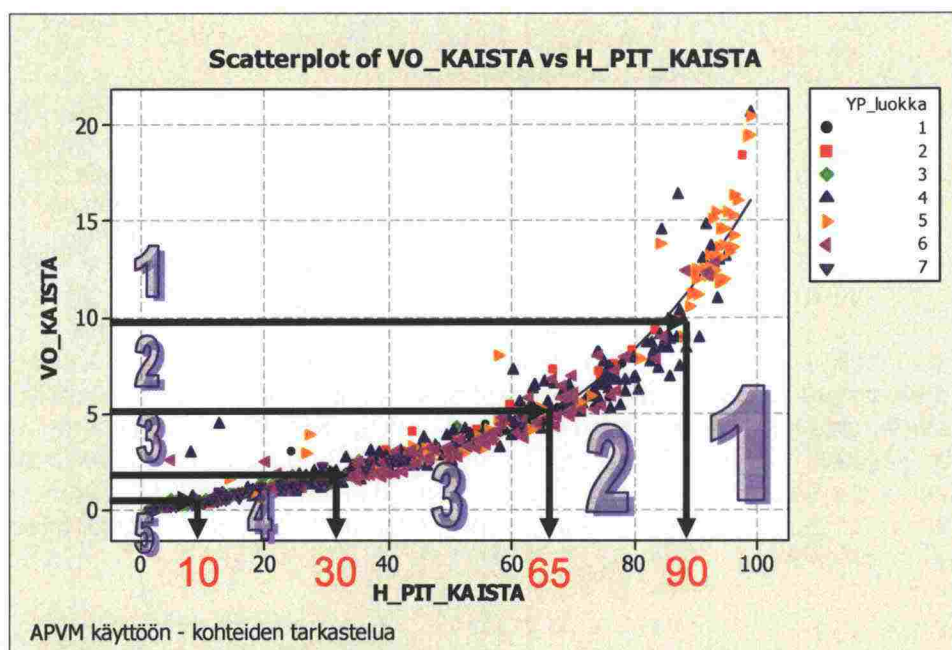
Johtopäätöksenä voidaan todeta, että tietyissä erikoistapauksissa kuntorekisteriin talletettu vauriotieto poikkeaa maastosta saaduista havainnoista. Erityisesti näin tapahtuu SOP-teillä. Tähän voi olla syynä mm. likaa sisältävät tai muuten täyttyneet halkeamat, pienet reiät, paikkojen reunat ja ratkennet juotossaumat, joita ei aina tunnisteta vaurioiksi. Myöskään keskisauman tai reunan pituushalkeama ei aina sisälly mittausalueeseen.

6.2 Kohteiden ja toimenpiteiden valinta

6.2.1 Vauriomuuttujien raja-arvot

Savo-Karjalan tiepiirin päällystysohjelma tehtiin vuoden 2008 vauriomittauksen perusteella. Kohteiden valintaa testattiin useilla eri vauriomuuttujan arvoilla: Kohteiden minimipituuksina käytettiin 100 ja 1 000 metriä. Myös kohteiden peittävyyttä kokeiltiin vaihtoehtoilla 100 ja 1 000 metriä, eli toimenpide tehdään kahden toimenpidejakson välille sijoittuvalle enintään 100 tai 1 000 metrin jaksolle, vaikka se on raja-arvon alapuolella. Tässä esitetyt laskennan lopputulokset perustuvat toimenpidejakson minimipituuteen 1 000 m sekä toimenpidejaksojen ehjän välin korjaamisen maksimipituuteen 1 000 m.

Lähtökohdaksi toimenpiderajan valinnassa otettiin yhtenäisen kuntoluokituksen (YKL) mukainen huonon luokan raja, joka vaurio-osuudelle on AB- ja PAB-teillä 5,0 % ja SOP-teillä 5,7 %. Halkeamapituudelle ei ole määritetty YKL:n mukaisia luokkarajoja. Kaistan vaurio-osuuden arvoa noin 5 % kuitenkin vastaa halkeamapituuden arvo noin 65 metriä, joka asetettiin toimenpiderajaksi (kuva 20).



Kuva 20. Halkeamapituuden raja-arvot on tuotettu VO_kaistan raja-arvojen avulla.

YKL:n mukainen huonon kuntoluokan (2) raja ei sinänsä ole toimenpideraja, mutta kuitenkin suuntaa antava. YKL:n sanallisen määrittelyn mukaisesti kuntoluokassa 2 oleva tie on korjausta edellyttävässä kunnossa (taulukko 11) ja korjausajankohta on tien elinkaaren kannalta optimaalinen. Tässä arvioinnissa haluttiin samalla tarkistaa vastaako YKL:n sanallinen määrittely mittauksen perusteella saatua kuvaa ja tukeeko tämä myös tienpitäjän asiantuntijanäkemystä.

6.2.2 Kohteiden valinta ilman vauriomuuttujia

Vertailukohdaksi laadittiin päällysteohjelma urasyvyyden ja epätasaisuuden (IRI) perusteella, jolloin saatiin selville pelkästään palvelutasomittausten perusteella aiheutuva kohdepituus. Lähtöaineistona käytettiin vuosien 2003 - 2008 mittausaineistoa joka oli ennustettu PMSPron ennustemallilla vuoteen 2008. Oletuksena on lisäksi, että kaikki piirin kohteet on tällä tarkastelujaksolla mitattu vähintään yhden kerran. Tällöin kohdepituudeksi tuli 707 kaistakm. Määrä ei ole tarkasti oikein, sillä analyysissä ei huomioitu ennustevälillä jo tehtyjä toimenpiteitä. Menettely kuitenkin mahdollistaa peittoprosentin toimivuustarkastelun vauriomittausten osalta silloin, kun eri palvelutaso- ja vauriomittauksia on toteutettu samoilla kohteilla.

Vaurioiden osalta on lisäksi otettava huomioon, että vauriomittaus kattaa vain noin neljänneksen piirin tieverkosta. Seuraavassa esitetyt luvut ovat valmiiksi koko piirin alueelle laajennettuja.

Laskelmat eivät huomioi vauriomittausten jälkeen päällystettyjä toimenpidejaksoja eikä vuodelle 2009 jo muusta syystä suunniteltuja toimenpidejaksoja.

6.2.3 Kohteiden valinta vaurio-osuus -tunnusluvun perusteella

Kohteiden valinnassa VO_kaistan raja-arvoina käytettiin *ensin* edellä kuvattun mukaisesti AB- ja PAB-teillä 5,0 % ja SOP-teillä 5,7 %. Koko tiepiirin toimenpideohjelman pituudeksi tulee 606 km josta vaurio-osuus aiheuttaa n 250 km..

Toisessa tarkastelussa toimenpiteen raja-arvoiksi valittiin yhtenäisen kuntuoluokituksen erittäin huonon luokan raja, joka AB- ja PAB-teillä on 10 % ja SOP-teillä 12,2 %. Tällöin koko tiepiirin toimenpideohjelman pituudeksi tulee 506 km josta vaurio-osuus aiheuttaa n 152 km.

Kolmas tarkastelu tehtiin vaurio-osuuden raja-arvolla 15 %. Tällöin koko tiepiirin toimenpideohjelman pituudeksi tuli 456 km, josta vaurio-osuus aiheuttaa n. 102 km.

Vaikka raja-arvoa löysennetään varsin paljon, niin kohdejoukko ei pienene enää samassa suhteessa. Näyttäisi siis siltä, että mielekäs toimenpideraja sijoittuu arvojen 5 % / 5,7 % ja 10 % / 12,2 % välille. Vertailun vuoksi mainittakoon, että Savo-Karjalan tiepiirissä vuonna 2008 toteutunut päällystysohjelma oli noin 400 ajorata-km.

6.2.4 Toimenpiteen valinta vaurio-osuus -tunnusluvun perusteella

Nyt tehdyssä tarkastelussa on haettu verkkotason muuttujaa ja sille raja-arvoa jonka perusteella kohteet luokitellaan huonokuntoisiksi ja valitaan ylläpitokohteet. Raja-arvon hakeminen tässä tarkastelussa on pohjautunut yhtenäisen kuntoluokituksen rajoihin eikä siitä voi vetää johtopäätöksiä millainen toimenpide kohteissa tulisi valita.

Sen sijaan vaurio-osuuden suuruus eri halkeamaleveysluokittain yhdessä muiden kuntomuuttujien kanssa voi antaa viitteitä myös millainen toimenpide kohteelle tulisi tehdä. Verkkotason analyysissä ei ole mielekästä tehdä tällaista analyysia, vaan tavoitteena on löytää kohteet, joille tarkempi toimenpidesuunnittelu tehdään.

Selkeästi käyttökelpoisin toimenpiteen valintaan vaikuttava vaurio-osuus on niissä tapauksissa kun sen arvoalue on yli 10 - 15 %, jolloin päällyste on käytännössä täysin rikkonaista. Tällöin pelkkä uudelleenpäällystäminen ei välttämättä ole riittävä toimenpide, vaan on syytä harkita kaikilla tieluokilla rakenteen parantamistoimenpiteitä.

6.2.5 Kohteiden valinta halkeamapituus -tunnusluvun perusteella

Halkeamapituuden raja-arvona käytettiin *aluksi* 60 metriä. Tämä tarkoittaa, että 100 metrin jaksolla tunnistettua halkeamaa on ollut vähintään 60 metrin matkalla. Tällä raja-arvolla kohdepituudeksi tuli 2 771 km, josta halkeamapituus aiheuttaa yli 2400 km.

Toisessa simuloinnissa raja-arvona käytettiin arvoa 65 m. Tällöin kohdepituudeksi tuli 940 km, josta halkeamapituus aiheuttaa 586 km.

Uudenmaan tiepiirin koekohdeaineiston mukaan halkeamapituus tunnusluku korreloi vaurio-osuus-tunnusluvun kanssa hyvin (Kuva 20; $r = 0,91$). Raja-arvo 65 metriä valittiin siksi, että valittujen kohteiden määrän tulisi osua lähelle vaurio-osuuden arvoilla 5,0 % / 5,7% mukaan laskettua kohdepituutta (606 ajorata-km). Nyt määrä on 50 % suurempi.

Kolmas simulointi tehtiin halkeamapituuden raja-arvolla 90 metriä joka vastaa vaurio-osuuden luokkaa erittäin huono (kuva 21). Tällöin päällystysohjelman pituudeksi saatiin 532 km, josta halkeamapituus aiheuttaa 178 km.

Halkeamapituus saa arvoja koko arvoalueella 0 - 100 metriä ja pystyy siten myös kohtuullisen hyvin erottelemaan vaurioituneet kohteet täysin ehjistä kohteista. Ylläpidon rahoituksen kannalta toimiva raja-arvo asettuu tasolle 90 metriä, joka määritelmällisesti on todella korkea arvo. Sen mukaan 90 % jakson pituudesta on vaurioitunut. Halkeamapituuden nykyinen laskentatapa ei erottele eri halkeamatyyppejä toisistaan, vaan kaikki vauriot lasketaan mukaan halkeamapituuteen. Tulevina vuosina tulisikin miettiä tunnusluvun laskentaperusteen muuttamista siten, että sillä voidaan laskea tarvittavat juotospituudet. Tällöin arvoalue tulee myös muuttumaan huomattavasti suuremmaksi, koska rinnakkaiset halkeamat tuottavat halkeamapituudelle vastaavan tiepituuden monikertoja. Tämän lisäksi keskisaumahalkeaman ja pi-tuushalkeaman tunnistukseen tulisi löytää keino.

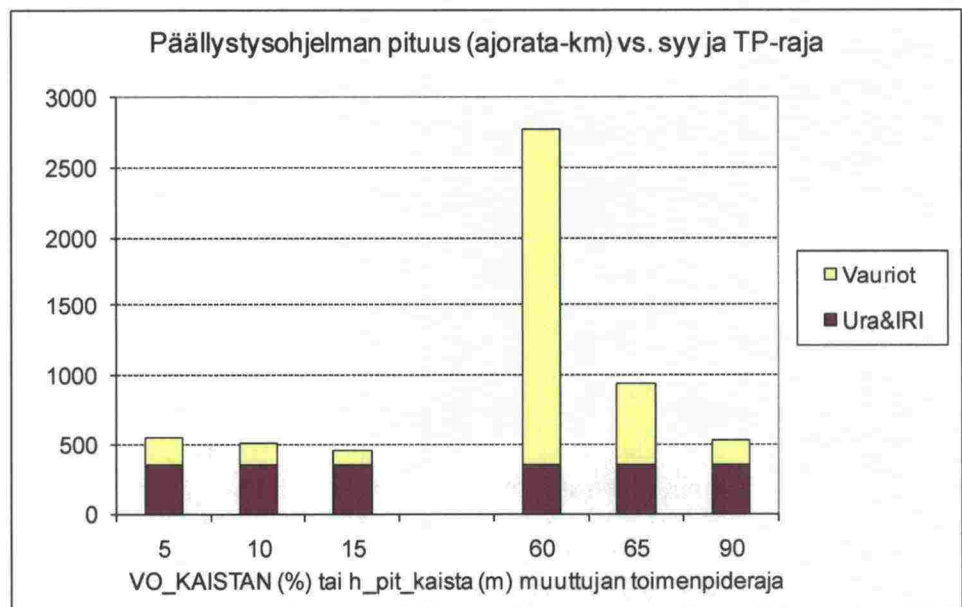
6.2.6 Toimenpiteen valinta halkeamapituus -tunnusluvun perusteella

Halkeamapituus -tunnusluku vain kuvaa sitä kaistapituutta jolla vaurioita on. Halkeamapituuden ja sen arvon perusteella ei siten voi määrittää toimenpi-

teen tasoa. Erityisesti juotospituuksien määrittämistä halkeamapituuden perusteella tulisi välttää.

6.2.7 Yhteenveto kohteiden valinnan parametreista

Mille tasolle raja-arvot sitten tulisi asettaa? Lähtökohtaisesti yhtenäisen kuntoluokituksen raja-arvot eivät suoraan ole toimenpiderajoja, mutta ne ovat suuruusluokaltaan suuntaa-antavia. Tyydyttävän ja huonon luokan raja-arvot (VO_kaista 5 % ja 5,7 % sekä halkeamapituus 65 metriä) ovat nykyrahoitus-tasoilla liian tiukkoja. Toisaalta myös luokan erittäin huono raja-arvot (VO_kaista 10 % / 12,2 % sekä halkeamapituus 90 metriä) antavat nykytasoon nähden laajempia toimenpideohjeita. Tämän tarkastelun lähtökohdaksi otettiin YKL:n raja-arvot ja katsottu mihin päällystyspituuteen ne johtavat. Kuvassa 21 on esitetty yhteenvetona edellä esitettyjen tarkastelujen mukaiset päällysteohjelmien pituudet. Kuvan 20 mukaan VO:n raja-arvolla 5 % ja halkeamapituuden raja-arvolla 60 metriä olisi pitänyt antaa samansuuruisia päällystysohjeita. Eroa selittää se, että kuvan 20 aineisto on Uudenmaan tiepiirin koekohteista ja kuvan 21 tulokset pohjautuvat Savo-Karjalan tiepiiriin koko mittausaineistoon. Koska YKL:n mukaisissa raja-arvoissa pitäytyminen olisi johtanut erittäin laajaan toimenpideohjelmaan, on halkeamapituuden toimenpideraja-arvoa kiristetty siten, että tunnuslukua voitaisiin hyödyntää taloudellisista rajoituksista huolimatta.



Kuva 21. Kohdepituudet muutamilla VO_kaista ja halkeamapituus parametrien arvoilla.

Kohteiden valinnan raja-arvot

- **Vaurio-osuudelle** huonokuntoisen YKL-raja 5,0 / 5,7 % (AB- ja PAB- / SOP-tiet) vaikuttaa sopivalta tasolta.
- **Halkeamapituudelle** vaurio-osuuden YKL-rajaa vastaava raja-arvo 65 metriä on esimerkissä liian alhainen, jos kohdepituudet halutaan pitää nykytasolla. Raja-arvo joka tuottaa nykyisen suuruusluokan ohjelmia on tasolla 90 metriä.

Toimenpiteen valinta

- Kun pohditaan rakenteen parantamisen tai uudelleen päällystämisen välillä, toimenpiteen valintaan alle 10 %:n Kaistan vaurio-osuutta (VO_kaista) voidaan käyttää vain suuntaa antavana. Lisätietoina on hyvä käyttää muita kuntomuuttujia. Kun Kaistan vaurio-osuus on yli 15 %, on rakenteen parantamisen tarve todennäköinen. Myös tällöin päätöksenteon tukena kannattaa käyttää muita saatavissa olevia lähtötietoja.
- **Halkeamapituuden perusteella** ei voida ottaa kantaa toimenpiteen valintaan. Erityisesti halkeamapituuden käyttämistä juotospituuden laskentaan tulee välttää.

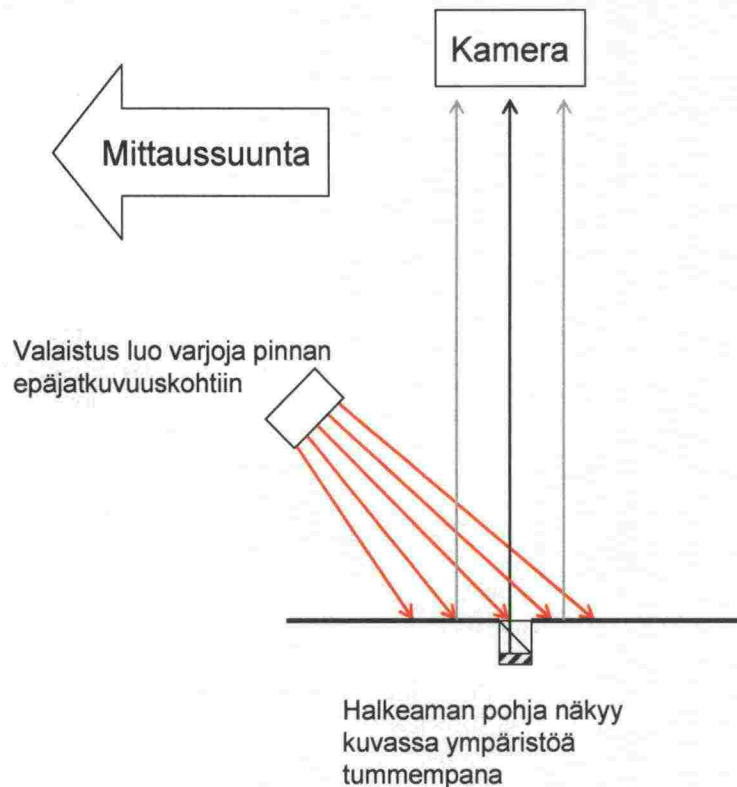
Vaurio-osuus toimii kohtuullisen hyvin

Korjauskohteiden valinta vaurio-osuuden raja-arvojen ylittymisen perusteella onnistuu erityisesti AB-teillä melko hyvin.

6.3 Automaattisella mittauksella hankittava vauriotieto

6.3.1 Vaurioiden tunnistaminen tien pinnasta otetusta valokuvasta

Automaattisessa vauriomittauksessa kuvantuottaminen ja kuvantulkinta ovat erillisiä työvaiheita. Kuvantulkinta tehdään jälkilaskentana, joten siihen voidaan palata jälkeenpäin ja tehdä se tarvittaessa uudelleen. Tien pinnasta otettu valokuva on kaksiulotteinen, mutta siihen pyritään mahdollisimman tehokkaalla ja tasaisella valaistuksella luomaan ympäröivästä valaistuksesta riippumatta kontrasteja, joihin vaurioiden automaattinen tunnistaminen perustuu (kuva 22). Esimerkiksi pituushalkeamat kuitenkin sijaitsevat valaistukseen nähden samansuuntaisesti, jolloin vaurioiden tunnistamiseksi tarvittavaa kontrastia ei kaikissa oloissa synny ja kuvantulkinnassa vain osa tiellä olevista vaurioista löytyy. Valaistusolot automaattisessa vauriomittauksessa ovat silti aiemmin käytettyä visuaalista inventointia huomattavasti tasaisemmat ja vauriotiedon vaihtelu aiempaa pienempää.



Kuva 22. Vaurioiden tunnistamiseksi tarvittava kontrasti pyritään luomaan valaistuksella.

VO-muuttujien arvot vaihtelevat suunnilleen välillä 0 - 20 % keskiarvon ollessa 1 - 2 % luokkaa. Ottaen huomioon muuttujien määritelmän jonka mukaan ne edustavat vaurioituneen päällysteen suhteellista osuutta tarkasteltavan alueen pinta-alasta arvot ovat pieniä. Tämä on ongelmallista muuttujien fyysikaalisen tulkinnan kannalta, koska erot hyvä- ja huonokuntoisten teiden välillä ovat pieniä. Muuttujien saamat pienet arvot ja kapea arvoalue ovat ongelmallisia myös tietojen tarkkuuden näkökulmasta, kuten jäljempänä nähdään. Erityisesti SOP-päällysteillä tien pinta on tyypillisesti halkeillut, kuoppainen ja lukuisten ehjien ja rikkoontuneiden paikkojen peittämä, mutta havaitut vaurio-osuudet melko alhaisia. Mittausten toimittajan mukaan kuvantulkinnan parametrit on asetettu löytämään halkeamat, jolloin muuntotyypisiä vaurioita, kuten kuoppia, ei löydetä yhtä hyvin (Ekdahl 2008). Esimerkiksi kuoppia ei tunnisteta erikseen, mutta ne sisältyvät VO-%:iin milloin ne tunnistetaan kuvasta.

Kuvantulkinnan parametrit asetetaan siten, että mahdollisimman monet tien pinnalla todellisuudessa olevat vauriot saadaan havaittua ja että virheellisesti vaurioituneiksi tulkittujen kohtien (false positives) määrä on mahdollisimman pieni. Tulkintaparametrien asettaminen on aina tasapainoilua näiden kahden tekijän välillä: mitä enemmän vaurioita halutaan löytää, sitä enemmän tapahtuu myös virhetulkintoja ja absoluuttiset erot toistomittausten välillä kasvavat. Kuitenkin ottaen huomioon vauriomuuttujien pienet arvot kunto-rekisterissä, tulkintaparametreja on syytä kiristää siten, että tien pinnasta löydetään enemmän vaurioita. Myös nykyiset laatuvaatimukset mahdollistavat tämän.

Kuten seuraavasta alaluvusta nähdään, parannukset kuvantuottamis- ja tulkintatekniikassa ovat aina muutoksia, jotka voivat aiheuttaa aikasarjojen katkeamisen. Tulkintaparametrien muutokset voivat näin ollen aiheuttaa sen, että vuosien 2006 - 2008 mittaustuloksia joudutaan laskemaan uudelleen aikasarjojen luomiseksi. Kuten edellä on nähty, piirikohtaisten aikasarjojen muodostaminen vaurio-osuudelle tulosohjausta varten ei nykyisellään ole mahdollista. Jäljempänä luvussa 6.5.1 nähdään, ettei nykyisellään myöskään saada määritettyä vauriomuuttujien (vaurio- ja purkaumaosuus, halkeamapituus) muutosnopeutta. On epävarmaa, voidaanko sitä määrittää useankaan vuoden kuluttua. Näin ollen, mikäli muutoksia ei tehdä vaan pidädytään nykyisissä asetuksissa, on kuitenkin olemassa suuri riski, ettei useankaan vuoden kuluttua kyetä muodostamaan vauriomuuttujien mielekkäitä aikasarjoja.

6.3.2 Mittaustekniikan muutokset

Muutokset kuvantuottamis- ja tulkintatekniikoissa vuosien 2006 - 2008 välillä on esitetty yhteenvetona taulukossa 15. Voidaan todeta, että merkittävimmät muutokset kuvantuottamisessa ovat vuonna 2007 tapahtuneet valaistusjärjestelmän uusiminen ja kuvien digitaalinen tallentaminen. Tulosten tulkinnan kannalta merkittävin muutos on siirtyminen uuteen työasemaan ja ohjelmistoon vuonna 2007. Mittausten toimittajan mukaan uusimpia, vuoden 2008 kuntorekisterimittauksia voidaan pitää luotettavimpina (Mattila 2008a).

Taulukko 15. Yhteenveto vuosina 2006 - 2008 tapahtuneista muutoksista kuvantuottamisessa ja -tulkinnassa.

	Valaistus	Kamerat	Kuvien tallennus	Ruutukoko mm * mm ¹⁾	Tulkinta- asema ja - ohjelmisto
2006	Strobo	Analoginen video	Analoginen (nauha)	200*200	Vanha
2007	Strobo (15 %), LED (85 %)	Analoginen video	Digitaalinen	200*200	Uusi
2008	LED	Analoginen video	Digitaalinen	100*100	Uusi

1) Vuosien 2006 ja 2007 mittaustulokset on tulkittu kuntorekisteriin uudelleen 100 mm * 100 mm ruutukoolla.

Vaurio-osuuden laskennassa käytettävä ruutukoko kannattaisi palauttaa 200 mm * 200 mm:ksi. Iso-Britanniassa käytetään UK Scanner -määrittelyn mukaista vaurio-osuusmuuttujaa, jolle on olemassa akkreditoitu kohdistuvuus- (tosimitta-), toistettavuus- ja vertailtavuustesti ja jonka ruutukoko on 200 mm * 200 mm.³ Nykyisellä 100 mm * 100 mm ruutukoolla VO-muuttujien resoluutio 10 metrin tulostusvälillä on $1 / 3500 = 0,03 \%$ ja 100 metrin tulostusvälillä $1 / 35\,000 = 0,003 \%$. Suuremmankin ruutukoon tuottama resoluu-

³ Nykyisen palveluntuottajan laitteistoa vastaava tekniikka on hyväksytetty TRL:n testissä, mutta testissä käytetty ruutukoko ja mahdollisesti myös kuvantulkinnan asetukset poikkeavat kuntorekisterimittauksissa käytetyistä.

tio, joka on nelinkertainen nykyiseen nähden, riittää hyvin huono- ja hyväkuntoisten kohteiden erottelemiseksi toisistaan. Suurempi ruutukoko myös parantaa mittausten toistettavuutta. Samalla mittausalue voitaisiin leventää 200 mm monikerraksi 4,0 metriin, jolloin keskisauman ja reunan halkeamat havaitaan luotettavasti. Jo vuonna 2006 tehdyn tilanneselvityksen mukaan markkinoilla on useita tekniikoita, jotka käyttävät 4,0 metrin mittauserveyttä (Tiehallinto 2007c); tänä päivänä niitä on vielä useampia.

Mittaustekniikalla kuvantuottamiseen pyritään luomaan mahdollisimman tasanaiset valaistusolosuhteet. Kuvantuottamis- ja tulkintatekniikassa on APVM-tietojen keruun aikana vuodesta 2006 tapahtunut useita parannuksia.

Kuitenkin voidaan todeta, että vauriomuuttujien arvot ovat kautta linjan melko pieniä ja tulkintaparametreja tuleekin tarkistaa siten, että kuvantulkinnassa löydetään aiempaa enemmän vaurioita. Mittausten kohdistuvuus tulee varmistaa tosimitatestillä. Menettelyn riski on, että vuosien 2006 - 2008 mitaustuloksia joudutaan laskemaan uudelleen aikasarjojen luomiseksi. Mikäli näin ei tehdä vaan pitäydytään nykyisissä asetuksissa, on kuitenkin olemassa suuri riski, ettei useankaan vuoden kuluttua kyetä muodostamaan vauriomuuttujien mielekkäitä aikasarjoja.

Vaurio-osuuden laskennassa käytettävä ruutukoko kannattaisi palauttaa 200 mm * 200 mm:ksi. Samalla mittausalue voitaisiin leventää 200 mm monikerraksi 4,0 metriin, jolloin keskisauman ja reunan halkeamat havaitaan luotettavasti.

6.4 Vauriomuuttujien mittaustarkkuus

6.4.1 Vauriomittausten laatuvaatimukset

Muuttujan VO_kaista arvot vaihtelevat pääsääntöisesti välillä 0..20 % keskiarvon ollessa noin 1-2 %, riippuen päällysteluokasta, tiepiiristä ja mittausvuodesta. Miten tarkkoja yksittäiset havainnot, 100-metriset ja tieosien keskiarvot, sitten ovat?

Mittaussopimuksessa on asetettu laatuvaatimukset, joiden täyttymisen toimittaja osoittaa kontrollimittauksilla. Toimittaja valitsee kontrollimittauskohteiksi noin 5 % mittausohjelman pituudesta ja hyväksyttää ohjelman tilaajalla. Tuotanto- ja kontrollimittausten erotuksen 50 % ja 95 %-pisteille on asetettu vaatimukset, jotka on esitetty taulukossa 16. Siinä on esitetty myös toimittajan vuonna 2008 saavuttama laatu.

Taulukko 16. Tuotantolaadun vaatimukset ja toteutuminen v. 2008.

Muuttuja	50-% piste		95-% piste	
	Vaatus	Toteutuma	Vaatus	Toteutuma
VO_kaista	1,0 %-yks.	0,4 %-yks.	4,0 %-yks.	2,8 %-yks.
VO_kaistan osat	1,0 %-yks.	0,0 - 0,1 %-yks.	3,0 %-yks.	0,2 - 1,7 %-yks.
PU_kaista	10 %-yks.	3 %-yks.	25 %-yks.	12 %-yks.
PU_kaistan osat	20 %-yks.	5 %y-yks.	40 %-yks.	25 - 30 %-yks. riippuen kaistan osasta
Poikkiahk. määrä	3	0	-	3
Halkeamapituus	-	1 - 3 m	-	7 - 13 m

Huom. Halkeamapituudelle ei ole määritetty vaatimusta eikä poikkihalkeamien määrälle ole määritetty 95 % vaatimusta

Taulukon 16 arvoista havaitaan, että vauriomuuttujille asetetut laatuvaatimukset täyttyvät kirkkaasti. Kun vaatimuksia ja toteutunutta laatua sitten verrataan vauriomuuttujien saamiin arvoihin, tiedon laatu näyttyy hyvin toisenlaisena. Kun VO_kaistan arvo tietyllä 100-metrisellä on esimerkiksi keskimääräiset 2 %, niin mitattu arvo on 95 % todennäköisyydellä välillä 0..4,8 %. Tie voi siten todellisuudessa olla täysin vaurioitumaton tai huomattavasti vaurioituneempi kuin mittaukset osoittavat.

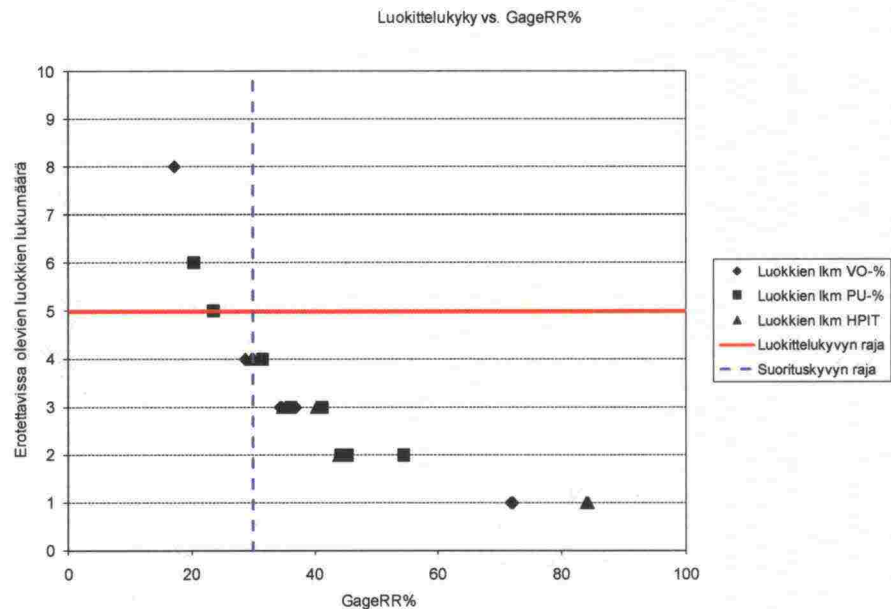
Laatuvaatimukset vaikuttavat melko löysiltä verrattuna kuntorekisterin arvoihin. Kuitenkin kun verrataan laatuvaatimuksia VO-muuttujien määritelmän mukaiseen arvoalueeseen [0 %, 100 %], laatuvaatimukset ovat tiukat. Ne perustuvat absoluuttisiin eroihin tuotanto- ja kontrollimittauksen välillä. Laatuvaatimukset kannattaa suhteuttaa tiedon käyttötärpeeseen, mm. kunto-muuttujien ja -luokituksen vuosimuutokseen. Kuten edellä on todettu, vauriomuuttujien tulkintaparametrit voitaisiin asettaa uudelleen siten, että havaitut vauriomuuttujien arvot kasvavat. Samalla mittauksen erottelukyky kuitenkin paranee, kuten seuraavassa nähdään.

6.4.2 Mittausten erottelukyky

Mittausten toimittaja on selvittänyt mittausten suorituskykyä osana mittaus-sopimukseen kuuluvaa kehitysprojektia Vauriotiedon tarkkuus ja luotettavuus (Mattila et al. 2008). Kaikkiaan 8 tieosaa on mitattu 4-5 kertaan. Näistä tuloksista voidaan arvioida mittausten ja tulosten tulkinnan suorituskykyä valvotuissa olosuhteissa. Kuvassa 24 on esitetty näiden mittaustulosten perusteella tehdyn GageRR -testin mukaisen vauriomuuttujien suorituskyvyn ja erottelukyvyn suhde. Suorituskyky lasketaan jakamalla toistomittausten välinen vaihtelu (keskihajonta) kohteen kokonaisvaihtelulla, tässä tapauksessa kunkin tieosan kaikkien 100-metristen keskihajonnalla. Erottelukyky kuvaa sitä, kuinka moneen luokkaan mitattava kohde - tässä tapauksessa tieosa - voidaan mittausten perusteella luokitella.

Näyttäisi siltä, että mittauksen suorituskyky vaihtelee eri kohteissa huomattavasti. Verrattaessa tieosia toisiinsa huomataan kuitenkin, että niillä tieosilla joilla suorituskyky on huono (korkea GageRR -arvo), muuttujien keskiarvot ja kokonaisvaihtelu ovat pieniä. Vastaavasti tieosilla joilla suorituskyky on hyvä

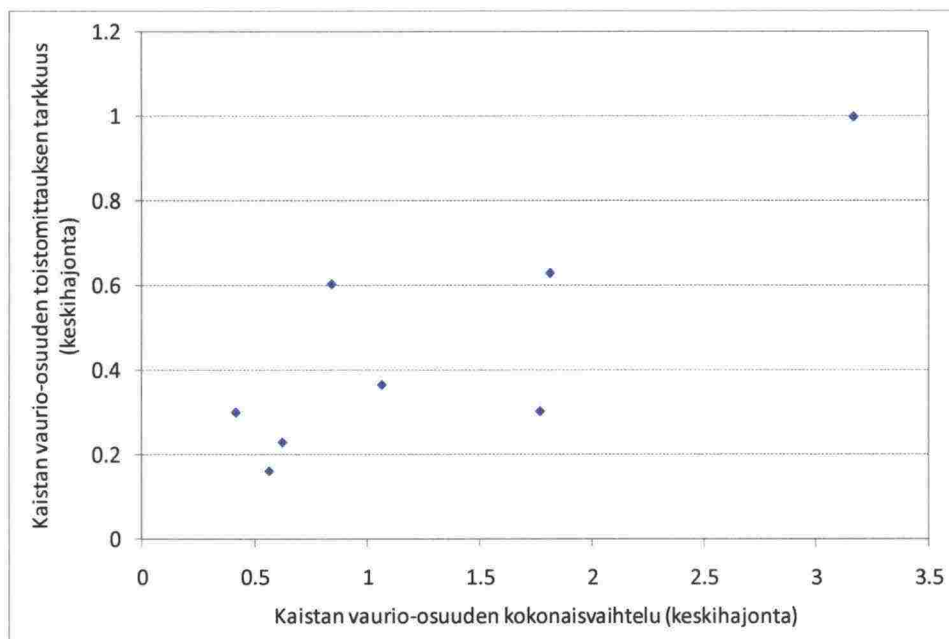
(matala GageRR -arvo), muuttujien keskiarvot ja kokonaisvaihtelu ovat melko suuria. Erottelukykyyn tulee mittausten suorituskyykyanalyysin mukaan olla sellainen, että havainnottava ilmiö voidaan mittausten perusteella jakaa vähintään viiteen luokkaan. Tämän testin perusteella tämä vaatimus täyttyy niissä kohteissa joissa myös GageRR -luku on alle suositellun raja-arvon (30%). Mittausten toimittajan mukaan erottelukyky riittää hyvin kolmeen luokkaan (Mattila 2008b). Yhtenäisessä kuntoluokituksessa käytetään sen yhtenäisen rakenteen vuoksi viittä luokkaa; tärkeintä pystyä erottelemaan hyvä- ja huonokuntoiset tiet tyydyttävänkuntoisista teistä.



Kuva 24. GageRR-testin tulos vs. erottelukyky mittausten toimittajan suorituskyykytestissä.

Mittauksen erottelukyky riippuu siten kohteessa mitattujen arvojen kokonaisvaihtelusta. Mikäli kokonaisvaihtelu on pientä, erottelukyky on luonnollisesti huonompi. Näin ollen voidaan myös perustellusti sanoa, että mikäli kuvantulkintaparametrit asetetaan siten, että löydetään aiempaa enemmän vaurioita, mittausten GageRR -testillä määritettävä suorituskyyky ja erottelukyky paranevat.

Kuvassa 25 vaakakselilla on kokonaisvaihtelu (keskihajonta) ja pystyakselilla toistomittausten keskihajonta. Siitä nähdään, että toistomittausten keskihajonta suorituskyykytestissä vaihtelee 0,16 ja 1 %-yksikön välillä. Vauriosuuden vuosimuutos on noin 0,1 %-yksikköä, kts. jäljempänä luku 6.5.1 Jotta tämä vuosimuutos voitaisiin havaita, tulisi mittauksien tarkkuuden (toistomittausten keskihajonnan) olla samaa suuruusluokkaa. Nykyisellään mittauksien tarkkuus ei siten riitä vuosimuutoksen havaitsemiseen peräkkäisinä vuosina tehdyistä mittauksista. Kolmen vuoden mittauskierto on järkevä tiedon tarkkuuden näkökulmasta.



Kuva 25 Kaistan vaurio-osuuden tarkkuuden (toistomittausten keskihajonnan, pysty-akselilla) suhde kokonaisvaihteluun (keskihajontaan, vaaka-akselilla).

Mittausten laatuvaatimukset ovat nykyisellään tiukat verrattuna muuttujien arvoalueeseen (esim. VO_kaista 0..100 %), mutta löysät verrattuna muuttujien kuntorekisteriin talletettuihin arvoihin. Tiet voidaan kaistan vaurio-osuuden perusteella luokitella luotettavasti kolmeen luokkaan.

Mikäli vauriomuuttujien tulkintaparametreja tarkistetaan siten, että löydetään nyt kuntorekisteriin talletettuja enemmän vaurioita, mittausten suorituskyky ja erottelukyky paranevat.

Mittauksen tarkkuus ei nykyisellään riitä vaurio-osuuden vuosikehityksen muutokseen. Kuntorekisterimittauksissa nykyinen kolmen vuoden kierto on tiedon tarkkuuden näkökulmasta sopiva.

6.5 Uudet tunnusluvut

6.5.1 Vauriomuuttujien kehitymisnopeus

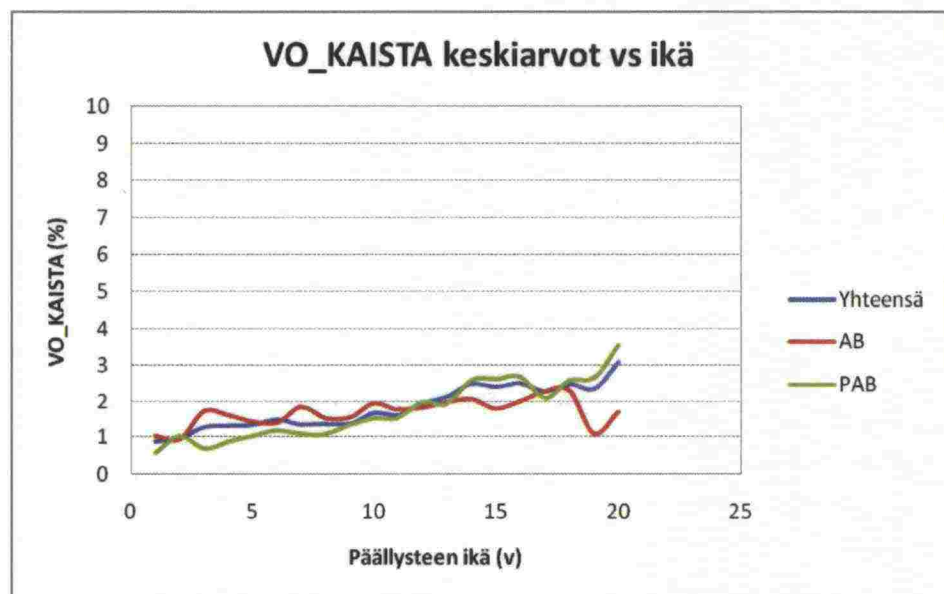
Kehitymisnopeuden mallintaminen

Vauriomuuttujien kehitymisnopeutta voidaan arvioida usealla eri tavalla. Samassa kohteessa tehtyjen useampien mittausten perusteella voidaan muodostaa vauriomuuttujan *aikasarja*. Valtaosa useammin kuin kerran mitatuista kohteista on mitattu vain kahteen kertaan, millä perusteella ei voida muodostaa aikasarjaa. Kahden vuoden mittaustuloksista voidaan kuitenkin muodostaa *vuosipariaineisto*, kuten muuttujalle VO_kaista on tehty luvussa 5.2.1. Tie- ja päällysteluokakohtaisissa VO_kaistan keskiarvoissa ei havaittu loogista muutosta vuosiparien välillä. Useampien havaintojen puuttuessa samoilta kohteilta vauriomuuttujien vuosikehitystä voidaan arvioida muuttuji-

en ikäjakauman perusteella. Ikäjakauman kuvaaja muodostetaan yksittäisten mittausten perusteella, joita verrataan päällysteen ikään edellisestä vauriot korjaavasta ylläpitotoimenpiteestä.

Kaistan vaurio-osuus

Kuvassa 26 on esitetty muuttujan VO_kaista ikäjakauma vuoden 2008 mittausten perusteella. Voidaan todeta, että vuosikehitys on varsin maltillista, keskimääräinen vaurio-osuus kasvaa 20 vuodessa 2 %-yksikköä yhdestä kolmeen prosenttiin. Vuosikehitys olisi siten 0,1 %-yksikköä vuodessa. Kuten edellä luvussa 6.4 on osoitettu, mittauksen tarkkuus ei nykyisellään riitä näin pienen vuosimuutoksen havaitsemiseen. Näin ollen kuntorekisterin sisältämien APVM-tietojen perusteella ei voida nyt määrittää vaurioitumisnopeutta. Lisäksi on epävarmaa, että useamman vuoden mittausaineisto parantaisi ikäjakauma- tai vuosipariaineiston avulla määritetyn vaurioitumisnopeuden mallintamisen luotettavuutta, juuri puutteellisen mittaustarkkuuden vuoksi. Tulkintaparametrien asettaminen siten, että vaurioita tunnistetaan nykyistä enemmän, luultavasti kasvattaisi myös vaurio-osuuden vuosimuutosta.



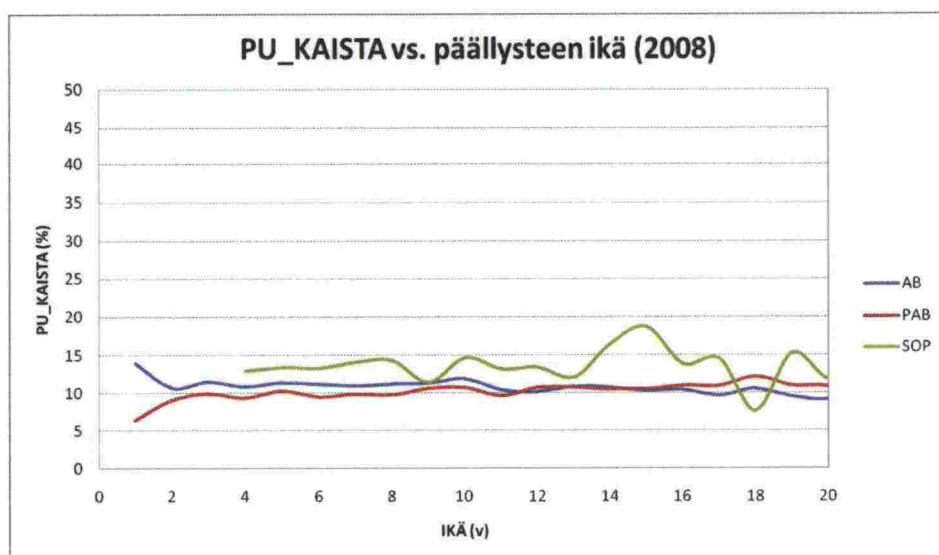
Kuva 26. Vaurio-osuuden arvojen ikäjakauma päällystelajeittain vuonna 2008 mitatuilla kohteilla.

Suikki (2007) analysoi vaurio-osuuden kehittymisnopeutta vuosien 2006 ja 2007 mittaustulosten ikäjakaumatarkastelulla. Tulosten perusteella vaurio-osuuden arvot ja kasvunopeudet olivat pieniä. Lisäksi vaurio-osuuden kasvunopeudet hidastuivat nopeasti päällysteen iän kasvaessa. Kasvunopeudet olivat jossakin määrin ominaisia päällystetyypeille ja liikennemäärälle. Vuosina 2006 ja 2007 vaurio-osuudet laskettiin 200 mm * 200 mm ruutukoolle, mistä johtuen vaurio-osuuden arvot ja siten sen ikäriippuvuus ovat Suikin laskelmissa jonkin verran suurempia kuin käytettäessä 100 mm * 100 mm ruutukokoa.

Myöskään mittausten toimittajan mukaan VO_kaistan vuosimuutoksia ei voida havaita näin lyhyellä ajalla. Vuosimuutosta voidaan alkaa määrittää, kun on mitattu useana vuonna ilman, että eri vuosien välillä tehdään merkittäviä muutoksia kuvantuottamis- ja tulkintatekniikkaan (Matti 2008a).

Kaistan purkaumaosuus

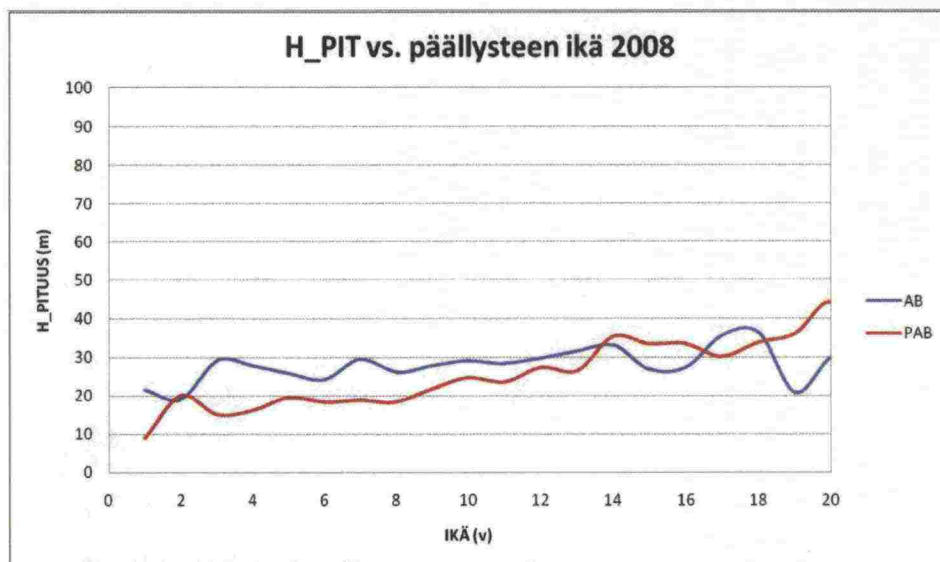
Purkaumaosuuden arvot eivät mitattujen kohteiden ikäjakaumatarkastelun perusteella (kuva 27) riipu päällysteen iästä tai kehity. Tähän on syynä se, että purkauman tulkinnassa tarvittavat päällysteen karkeuden raja-arvot asetetaan tieosakohtaisesti. Tämä on syynä keskiarvojen samankaltaisuuteen päällysteen iästä riippumatta. Purkaumaosuus on tulkittu vain vuoden 2008 mittaus tuloksista, joten muunlainen tarkastelu ei ole toistaiseksi mahdollinen.



Kuva 27. Purkaumaosuuden arvojen ikäjakauma päällystelajeittain vuonna 2008 mitatuilla kohteilla.

Halkeamapituus

Kuvassa 28 on esitetty halkeamapituuden ikäjakauma vuoden 2008 mittausten perusteella. Voidaan todeta, että halkeamapituuden vuosikehitys on jonkin verran nopeampaa kuin vaurio- ja purkaumaosuudella, mutta edelleen varsin maltillista. Keskimääräinen halkeamapituus kasvaa 20 vuodessa 20 metriä (15 -> 35 metriä); vuosikehitys olisi siten 1 metri vuodessa. Kuten purkaumaosuus, myös halkeamapituus on tulkittu vain vuoden 2008 mittaus tuloksista, joten muunlainen tarkastelu ei ole toistaiseksi mahdollinen.



Huom. SOP havaintoja liian vähän, käyrä epäsäännöllinen

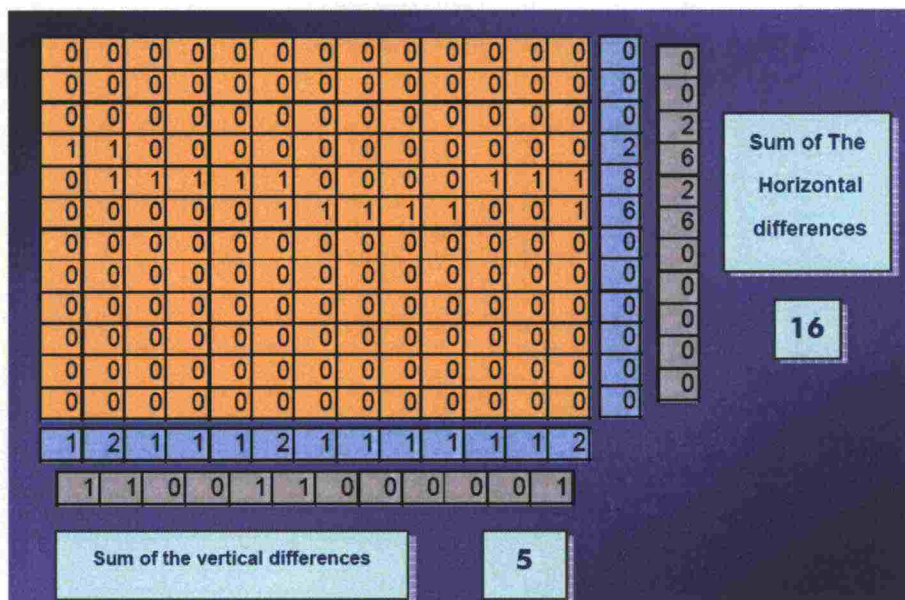
Kuva 28. Halkeamapituuden arvojen ikäjakauma päällystelajeittain vuonna 2008 mitatuilla kohteilla.

Yhteenvedona vauriomuuttujien ikäjakaumatarkasteluista voidaan todeta, että vaurionopeudet ovat pieniä. Lisäksi vauriomuuttujien arvot 20 vuoden ikäisillä teillä ovat hyvin pieniä verrattuna siihen, että tiet mitoitetaan 20 vuoden kestoille, jonka jälkeen niiden pitäisi olla toimenpidekunnossa. On kuitenkin huomattava, että toteutuneet kestoajat vaihtelevat suuresti tiejaksoittain.

6.5.2 Vauriotyyppikohtainen tieto

Kaistan vaurio-osuus -muuttujaa voidaan käyttää vauriotyyppien tunnistamiseen. Mittausten toimittaja on tehnyt tähän liittyen menetelmäkehitystyötä vuodesta 2006 (Äijö & Laine 2008), mutta sen tuloksista on otettu käyttöön vain poikkihalkeamien tunnistaminen.

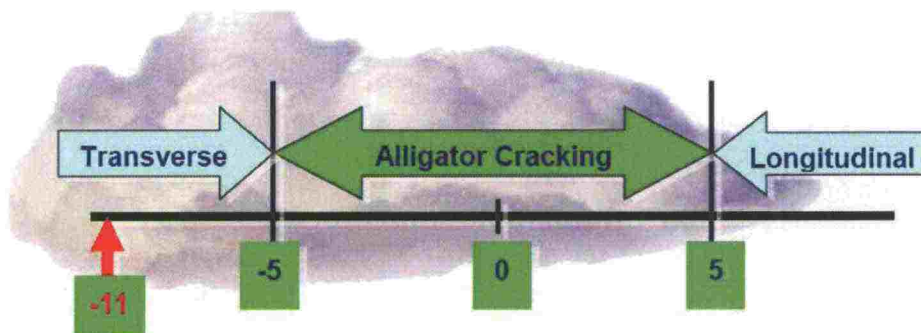
Vaurio-osuutta vastaavalla määrittelyllä laskettavan UCI (Unified crack index) -muuttujan laskentamenetelmää on kehitetty edelleen siten, että vaurioituneisuudesta lasketaan vauriotyyppitykseen liittyvä indeksi CTI (Crack Type Index). Vaurioituneisuutta kuvaavia binäärisiä indeksejä lasketaan riveittäin ja sarakkeittain (19x26) yhteen, niistä muodostetaan uudet erotusta kuvaavat vektorit ja lopullinen vauriotyyppiin liittyvä indeksi lasketaan pystysuuntaisten ja vaakasuuntaisten vektorisummien erotusten avulla (kuva 29).



Kuva 29. Halkeamatyyppin laskentaperiaate ($CTI = 5 - 16 = -11$). (Lee & Jungyong 2005a, 2005b; Lee & Jungyong 2006).

Vauriotyyppiä kuvaava indeksi saa arvoja nollan molemmin puolin. Vertaamalla indeksin arvoja maastotarkastelun tuloksiin, indeksille on määritetty seuraavat arvoalueet (kuva 30):

- kun $CTI < -5$ vauriotyyppi on poikkihalkeama
- kun $CTI = -5 \dots +5$ vauriotyyppi on verkkohalkeama
- kun $CTI > 5$ vauriotyyppi on pituushalkeama



Kuva 30. Halkeamatyyppien indeksialueet ($CTI = -11 \rightarrow$ poikkihalkeama) (Lee & Jungyong 2005a).

CTI-muuttujan laskenta edellyttää vauriokartoista karkeutetun "verkkomallin" käyttöä. Tunnusluvun kunnollinen testaus ja mahdollinen käyttöönnotto edellyttävät siten ainakin vauriokarttojen, mahdollisesti digitaalisen kuva-aineiston uudelleen käsittelyä; sitä ei voida laskea nykyisistä kuntorekisteritiedoista.

6.5.3 Vaurioituneisuuden vaikutus tien käyttäjiin

Päällysteiden ylläpidon toimintalinjojen (Tiehallinto 2006) mukaisesti vauriomuuttujien tulisi kuvastaa myös vaurioituneisuuden vaikutusta tien käyttäjiin. Esimerkkinä tästä on visuaalisen inventoinnin tuloksista Vähäliikenteisten teiden tutkimusohjelmassa kehitetty tienkäyttäjän vauriosumma (Lämsä & Belt 2004). Se on kehitetty visuaalisen inventoinnin tulosten tulkintaan, mutta samoja periaatteita voitaisiin soveltaa uusien APVM-muuttujien määrittelyssä. Tienkäyttäjän kannalta tien palvelutasoa eniten heikentäviä tekijöitä ovat reiät ja huonot paikkaukset, pykälällä olevat halkeamat sekä reunapainumat. Reiät ja paikkaukset on tunnistettavissa tien pinnasta otetusta valokuvasta, pykälät ja painumat sen sijaan eivät ilman PTM:llä mitattua profiilitietoa. Tästä syystä ei ole katsottu olevan edellytyksiä laskea tienkäyttäjien vauriosummaa vastaavaa muuttujaa APVM:n tuloksista.

Yhteenvetona uusista muuttujista voidaan todeta, että:

- Kuntorekisterin sisältämien APVM-tietojen perusteella ei vielä voida määrittää vauriomuuttujien (kaistan vaurio-osuus, kaistan purkaumaosuus, halkeamapituus) kehittymisnopeutta. Tulkintaparametrien asettaminen siten, että vaurioita tunnistetaan nykyistä enemmän, luultavasti kasvattaisi myös vauriomuuttujien vuosimuutosta.
- Vaurioiden määrä tyypeittäin voidaan laskea vauriokartoista karkeutetun "verkkomallin" avulla. Tunnusluvun testaus ja käyttöönotto edellyttävät ainakin vauriokarttojen, mahdollisesti digitaalisen kuva-aineiston uudelleenkäsitelyä.
- Tienkäyttäjien vauriosummaa vastaavaa muuttujaa ei voida laskea APVM:n tuloksista.

7 SUOSITUKSET

7.1 Kuntorekisteriaineiston käytettävyys

Tärkeimmät päätöksentekotilanteet, joissa vauriotietoa tarvitaan, ovat tulosohejaus, kohteiden valinta, rahoitustarveanalyysit ja rahoituksen jako sekä toimintalinjat ja perusteluviestintä. Kuntorekisteriin talletettujen Automaattisen päällystevauriomittauksen (APVM) tulosten analyysin perusteella tehdään seuraavat suositukset muuttujien käytöstä eri päätöksentekotilanteissa:

1. Vain vuoden 2008 kuntorekisterimittauksista määritettyjä kaistan vaurio-osuuksia saa käyttää tulosohejauksessa ja rahoitustarveanalyysissä ja kohteiden valinnassa. Yhtenäisen kuntoluokituksen (YKL) raja-arvot päällystelaajittain on esitetty taulukossa 11. Kohteiden valinnassa raja-arvoina voidaan käyttää huonokuntoisen tien raja-arvoa (5,0 % AB- ja PAB-teille sekä 5,7 % SOP-teille). Toimenpiteen valinnassa kaistan vaurio-osuutta voidaan käyttää vain suuntaa-antavana yhdessä muiden kuntomuuttujien kanssa. VO_kaistan ollessa > 10 - 15 % rakenteen parantamisen tarve on todennäköinen.

2. Vuosien 2006 ja 2007 kuntorekisterimittauksista määritettyjä kaistan vaurio-osuuksia voi käyttää ohjeellisena kohteiden valinnassa samoilla raja-arvoilla kuin vuoden 2008 tuloksia, mutta ei tulosohejauksessa.

3. Kaistan osien vaurio-osuuksia voi käyttää kohteiden ja toimenpiteiden valinnassa esim. korkeiden VO_kaista arvojen tulokinnon apuna, mutta ei verkotetasolla eikä tulosohejauksessa. Muuttujien laskennassa kaistan osien leveydet ovat vakioita, mutta teiden leveys ja ajolinjojen sijainti tien poikkileikkauksessa vaihtelee. Tämä johtaa siihen, että tietty muuttuja ei välttämättä kohdistu samaan kaistan osaan eri teillä tai samankin tien eri jaksoilla.

4. Kaistan purkaumaosuus -muuttujaa ei voi käyttää ilman sen edelleen kehittämistä. Vakavimmat puutteet liittyvät tällä hetkellä siihen, että päällysteen karkeuden raja-arvot asetetaan tieosakohtaisesti. Tämä on syynä keskiarvojen samankaltaisuuteen eri tiepiirien ja tieluokkien kesken.

5. Kaistan purkaumaosuus lasketaan kaistan osien purkaumaosuuksien keskiarvona. Myöskään niitä ei toistaiseksi voida käyttää ilman lisäselvityksiä.

6. Halkeamapituutta voidaan käyttää kohteiden valintaan yhdessä kaistan vaurio-osuuden kanssa. Ylläpidon rahoituksen kannalta toimiva huonokuntoisuuden raja-arvo asettuu tasolle 90 metriä, joka määritelmällisesti on todella korkea arvo. Halkeamapituutta ei voida käyttää yksinään toimenpiteiden valintaan, eikä sen perusteella voida päätellä esim. tarvittavaa juotospituutta.

7. Poikkihalkeamien määrää voi käyttää kohteiden ja toimenpiteiden valinnassa, mutta ei tulosohejauksessa. Poikkihalkeamia on keskimäärin melko vähän ja erot kohteiden välillä ovat verrattain pieniä.

8. Vaurio-osuutta halkeamaleveysluokittain voidaan käyttää lisätietona kohteiden ja toimenpiteiden valinnassa. Suuri vaurio-osuus leveiden halkeamien (10-20 mm ja yli 20 mm) luokissa voi aiheuttaa ylläpitotarpeen, vaikka tien tasaisuus olisikin hyvä, tai raskaamman toimenpiteen tarpeen. Huonokuntoisuuden raja-arvo on alustavasti 5 %.

9. Kuntorekisteriin talletettujen APVM-tietojen perusteella ei nykyisellään voida määrittää vauriomuuttujien (kaistan vaurio-osuus, kaistan purkauma-osuus, halkeamapituus) kehittymisnopeutta eikä arvioida päällystetyn tieverkon vauriutilanteen kehittymistä tiepiireittäin tai eri luokituksilla (päällyste- ja tieluokka). Mittauksen tarkkuus ei nykyisellään riitä vaurio-osuuden vuosikehityksen muutokseen peräkkäisien vuosien mittausten perusteella. Kuntorekisterimittauksia tuleekin jatkaa kolmen vuoden kierrolla.

10. Tietyissä erikoistapauksissa kuntorekisteriin talletettu vauriotieto poikkeaa maastosta saaduista havainnoista, eikä vauriotietoa voida käyttää, erityisesti SOP-teillä. Havaitsematta jäävät erityisesti likaa sisältävät tai muuten täyttyneet halkeamat, pienet reiät, paikkojen reunat ja ratkenneet juotossaumat. Leveillä teillä puolestaan keskisauman ja/tai reunan pituushalkeama ei aina sisälly mittausalueeseen.

7.2 Jatkokehitystarpeet

Kuntorekisteriin talletettujen Automaattisen päällystevauriomittauksen (APVM) tulosten analyysin perusteella tehdään seuraavat tiedon oikeellisuuteen ja käytettävyyteen liittyvät jatkosuositukset.

11. Voidaan todeta, että vauriomuuttujien arvot ovat kautta linjan melko pieniä ja tulkintaparametreja tuleekin kiristää siten, että kuvantulkinnassa löydetään aiempaa enemmän vaurioita. Menettelyn riski on, että vuosien 2006 - 2008 mittaustuloksia joudutaan laskemaan uudelleen aikasarjojen luomiseksi. Mikäli näin ei tehdä vaan pitäydytään nykyisissä asetuksissa, on kuitenkin olemassa suuri riski, ettei useankaan vuoden kuluttua kyetä muodostamaan vauriomuuttujien mielekkäitä aikasarjoja.

12. Mittausten kohdistuvuus tulee varmistaa tosimitatestillä. Esimerkiksi Englannissa TRL järjestää vauriomitareiden akkreditointitestin, jossa testataan mittausten kohdistuvuus, toistettavuus ja vertailtavuus.

13. Nykyiset laatuvaatimukset ovat löysiä verrattuna kuntorekisterin sisältämiin tietoihin, mutta tiukkoja verrattuna vauriomuuttujien määritelmän mukaiseen arvoalueeseen. Laatuvaatimukset kannattaa suhteuttaa tiedon käyttötärpeeseen (mm. kuntomuuttujien ja -luokituksen vuosimuutokseen) samalla kun kuvantulkintaparametreja muutetaan niin, että löydetään aiempaa enemmän vaurioita.

14. Kuvantulkinnan parantaminen tulkintaparametreja kiristämällä parantaa mittauksen suorituskykyä ja siten menetelmän kykyä erotella hyvä- ja huonokuntoiset tiet. Tiet voidaan nykyisin kaistan vaurio-osuuden perusteella luokitella luotettavasti kolmeen luokkaan. Tavoitteena voidaan pitää teiden luokittelua luotettavasti YKL:n mukaisesti viiteen luokkaan.

15. Kuntorekisterin sisältämien APVM-tietojen perusteella ei vielä voida määrittää vauriomuuttujien (kaistan vaurio-osuus, kaistan purkaumaosuus, halkeamapituus) kehittymisnopeutta. Tulkintaparametrien asettaminen siten, että vaurioita tunnistetaan nykyistä enemmän, luultavasti kasvattaisi myös vauriomuuttujien vuosimuutosta.

16. Vaurioiden määrä tyypeittäin voidaan laskea vauriokartoista karkeutetun "verkkomallin" avulla. Tunnusluvun testaus ja käyttöönotto edellyttävät ainakin vauriokarttojen, mahdollisesti digitaalisen kuva-aineiston uudelleenkäsitelyä.

17. Vaurio-osuuden laskennassa käytettävä ruutukoko kannattaisi muuttaa 200 mm * 200 mm:ksi. Tätä puoltaa vaurio-osuuden parempi vastaavuus UK Scanner muuttujan kanssa, jolle on olemassa akkreditoitu kohdistuvuus- ja toistettavuustesti. Suuremmankin ruutukoon tuottama resoluutio riittää hyvin huono- ja hyväkuntoisten kohteiden erottelemiseksi toisistaan. Samalla mitausalue voitaisiin leventää 200 mm monikerraksi 4,0 metriin, jolloin keskisauman ja reunan halkeamat havaitaan luotettavasti.

18. Vaurio- ja purkaumaosuuden arvot kaistan osilla määritellään eri tavalla. Kaistan vaurio-osuus lasketaan kaistan osien vaurio-osuuksien summana. Kaistan purkaumaosuus sen sijaan lasketaan kaistan osien purkaumaosuuksien keskiarvona. Menettelyt tulee yhtenäistää.

19. Kaistan osien vaurio-osuudet lasketaan jakamalla kaistan osan vaurioituneiden ruutujen määrä kaistan kaikkien ruutujen määrällä tulostusvälillä (10 tai 100 metriä). Kaistan osien vaurio-osuuksien vertailtavuutta suositellaan parannettavaksi asettamalla kaistan osat saman levyisiksi (700 mm).

8 VIITTEET

Ekdahl, Peter (2008). Henkilökohtainen tiedonanto 21.10.2008.

Kasari, Teuvo (2008). Henkilökohtainen tiedonanto 29.8.2008.

Lee Hosin, Kim Jungyong (2005a). Development of a Manual Crack Quantification and Automated Crack Measurement System. Project TR-457. Public Policy Center and Environmental Engineering. University of Iowa, USA. Jan 2005.

Lee Hosin, Kim Jungyong (2005b). Development of a Crack Type Index. Transportation Research Record. Journal of the Transportation Research Board, No 1940. Pavement Management; Monitoring, Evaluation and data Storage and Accelerated testing. 2005. pp. 99-106.

Lee Hosin, Kim Jungyong (2006). Is it Possible to Identify All Types of Pavement Distress from Image Automatically? Workshop of Pavement Monitoring, Evaluation and Data Storage in the 2006 Annual TRB Meeting. Washington, D.C. January 22-26, 2006.

Lämsä Veli Pekka, Belt Jouko (2004). Päällystevauriot ja ajotuntuma. Helsinki 2004. Tiehallinto. Tiehallinnon sisäisiä julkaisuja 33/2004, 35 s.+liitt. 4 s. ISSN 1457-991X, TIEH 4000431.

Mattila, Kalervo (2008a). Henkilökohtainen tiedonanto 4.11.2008.

Mattila, Kalervo (2008b). Henkilökohtainen tiedonanto 18.12.2008.

Mattila Kalervo, Äijö Juha ja Lassila Tero (2008). APVM-vauriotiedon tarkkuus ja luotettavuus. Helsinki. Tiehallinto, Keskushallinto. Tiehallinnon sisäisiä julkaisuja 71/2008, 68 s. + liitt. 7 s. ISSN 1457-991X, TIEH 4000670, ISSN 1459-1561, TIEH 4000670-v.

Meriläinen, Juho (2008). Henkilökohtainen tiedonanto 12.9.2008.

Suikki, Lauri (2007). Pöyry Infra Oy. Julkaisematon aineisto.

Tiehallinto (2005). Tieomaisuuden yhtenäinen kuntoluokitus. Helsinki 2005. Tiehallinto, asiantuntijapalvelut. Tiehallinnon selvityksiä 57/2005. 45 s. ISSN 1459-1553, ISBN 951-803-617-9, TIEH 3200969-v.

Tiehallinto (2006). Päällysteiden ylläpidon toimintalinjat. Helsinki 2006. Tiehallinto, Asiantuntijapalvelut. 33 s. + liitt. 2 s. ISBN 978-951-803-793-7, TIEH 1000138-06.

Tiehallinto (2007a). Käsikirja tien pinnan kunnon mittaamisesta. Helsinki 2007. Tiehallinto, asiantuntijapalvelut. Tiehallinnon selvityksiä 21/2007, 55 s. ISSN 1457-9871, ISBN 978-951-803-863-7, TIEH 3201047.

Tiehallinto (2007b). Automaattinen päällystevaurioiden mittausta (APVM) - Vauriotiedon käyttö päällystetyn tiestön ylläpidossa. Helsinki 2007. Tiehallin-

to, Asiantuntijapalvelut. Tiehallinnon selvityksiä 13/2007, 40 s. + liitt. 11 s. ISSN 1459-1553, ISBN 978-951-803-843-9, TIEH 3201039-v.

Tiehallinto (2007c). Päällystettyjen teiden vauriomittauksen kehittäminen. Helsinki 2007. Tiehallinto, asiantuntijapalvelut. Tiehallinnon selvityksiä 22/2007. 63 s. + liitt. 4 s. ISSN 1459-1553, ISBN 978-951-803-865-1, TIEH 3201048-v.

Wahlman, Thomas (2008). Henkilökohtainen tiedonanto 25.9.2008.

Äijö, Juha ja Laine, Vesa (2008). APVM vaurioluokitus. Helsinki 2008. Tiehallinto, Keskushallinto. Julkaisematon raportti 26.6.2008.

9 LIITTEET

Liite 1. Kurre APVM-mittaustaulun sisältö.

Liite 2. Vuoden 2008 vauriomittausten perusteella määritetty yhtenäinen kuntoluokitus (YKL) tieluokittain ja ylläpitoluokittain.

Liite 1. Kurre APVM-mittaustaulun sisältö

APVMITTAUS - taulun kenttä	tietotyyppi	Selitys
tie	NUMBER (5)	Tienumero
ar	NUMBER (1)	Vastaavan satametrisen ajorata tierekisterissä 0 = yksiajoratainen, 1 = kaksiajorataisen ensimmäinen ajorata, 2 = kaksiajorataisen toinen ajorata
su	NUMBER (1)	Vastaavan satametrisen suunta tierekisterissä 0 = molempien pääkaistojen tie- dot yhdessä 1 = tierekisterin suunta 2 = tierekisterin vastainen suunta
ka	NUMBER (1)	Mittauskaista 1 = pääkaista, 2 = ohituskaisa, 3 = bussikaista
aosa	NUMBER (3)	tieosa, josta mitattu
aet	NUMBER (5)	etäisyys tieosan alusta
losa	NUMBER (3)	Mittauksen loppukohdan tieosa
let	NUMBER (5)	Mittauksen loppukohta
mittausaika	DATE	Mittauspvm + tieosan mittauksen aloitusaika
piiri	NUMBER (2)	Piiri, jonka satametriselle mittaus kohdistuu
m_su	NUMBER (1)	Mittautiedoista saatu suunta 1 = tierek.suunta, 2 = tierekisterin. vastainen suunta
vo_vas	NUMBER (4,1)	vaurioiden osuus prosentteina vasemmalla reunalla
vo_vasu	NUMBER (4,1)	vaurioiden osuus prosentteina vasemmassa ajourassa
vo_keski	NUMBER (4,1)	vaurioiden osuus prosentteina ajourien välissä
vo_oiku	NUMBER (4,1)	vaurioiden osuus prosentteina oikeassa ajourassa
vo_oik	NUMBER (4,1)	vaurioiden osuus prosentteina oikealla reunalla
vo_kaista	NUMBER (4,1)	vaurioiden osuus prosentteina kaistalla yhteensä
poikkih_kpl	NUMBER (2)	poikkihalkeamat kpl/100m
pu_kaista	NUMBER (4,1)	Purkautunut osuus kaistalta
pu_vas	NUMBER (4,1)	Purkautunut osuus vas = keskilinja
pu_vasu	NUMBER	Purkautunut osuus

	(4,1)	auv
pu_keski	NUMBER (4,1)	Purkautunut osuus keski
pu_oiku	NUMBER (4,1)	Purkautunut osuus auo
pu_oik	NUMBER (4,1)	Purkautunut osuus oik=ojanpuoli
h_pit_kaista	NUMBER (4,1)	halkeamapituus, kaista
vo_h_lev_0_5	NUMBER (4,1)	VO% halkeamaleveysluokittain, 0-5 mm
vo_h_lev_5_10	NUMBER (4,1)	VO% h_lev 5-10 mm
vo_h_lev_10_20	NUMBER (4,1)	VO% h_lev 10-20 mm
vo_h_lev_yli20	NUMBER (4,1)	VO% h_lev yli 20 mm
mittaustyyppi	NUMBER (1)	kertoo mittaustapahtuman laadun 1 – tuotanto 2 – kontrolli (omassa taulussa) 3 – T&K 4 – projektimittaus 5 – kevät
muunnettu	NUMBER (1)	Onko mittaustiedot muunnettu osoitemuutoksessa: 0 – ei 1 – kyllä
vanhentunut	NUMBER (1)	Satametriselle on tehty toimenpi- de, jonka takia mittaustuloksella ei ole enää merkitystä: 0 – ei 1 – kyllä
mittauskohde_id	NUMBER (8)	Mittauskohteen tunnus, jolle APVM mittaus kohdistuu
tapahtuma_aika	DATE	Rivin päivitysaika tietokannassa
limitys	NUMBER (5)	Osoitemuunnoksen yhteydessä tapahtunut mittauksen aloituskoh- dan metrimääräinen muutos suh- teessa uuteen tieosoitteeseen
osoitemuunnos	DATE	Osoitemuunnoksen päivämäärä

Liite 2. Vuoden 2008 vauriomittausten perusteella määritetty yhtenäinen kuntoluokitus (YKL) tieluokittain ja yläpitoluokittain.

Valtatiet						
VO_KAISTA (KM)						
Piiri	Kuntoluokka					Yhteensä
	5	4	3	2	1	
U	9	37	49	6	0	102
T	66	59	12	1	0	139
KaS	68	114	77	10	0	269
H	20	55	29	2	0	107
SK	34	67	82	8	0	191
KS	9	61	101	14	6	191
V	103	140	70	9	4	326
O	113	191	122	7	6	440
L	42	154	81	16	5	299
Yhteensä	465	879	624	73	22	2063

Valtatiet						
VO_KAISTA (%)						
Piiri	Kuntoluokka					Yhteensä
	5	4	3	2	1	
U	9.2 %	35.9 %	48.7 %	5.9 %	0.3 %	100 %
T	47.8 %	42.8 %	9.0 %	0.4 %	0.0 %	100 %
KaS	25.3 %	42.3 %	28.6 %	3.8 %	0.0 %	100 %
H	18.6 %	51.8 %	27.6 %	2.1 %	0.0 %	100 %
SK	17.8 %	35.2 %	42.8 %	4.2 %	0.1 %	100 %
KS	4.5 %	31.9 %	52.9 %	7.3 %	3.4 %	100 %
V	31.7 %	43.1 %	21.3 %	2.7 %	1.2 %	100 %
O	25.8 %	43.5 %	27.8 %	1.6 %	1.3 %	100 %
L	14.2 %	51.7 %	27.0 %	5.5 %	1.7 %	100 %
Yhteensä	22.6 %	42.6 %	30.2 %	3.6 %	1.0 %	100 %

Huonot	
km	%
0	0.3 %
0	0.0 %
0	0.0 %
0	0.0 %
0	0.1 %
6	3.4 %
4	1.2 %
6	1.3 %
5	1.7 %
22	1.0 %

Kantatiet						
VO_KAISTA (KM)						
Piiri	Kuntoluokka					Yhteensä
	5	4	3	2	1	
U	6	22	16	2	0	46
T	26	27	5	0	0	59
KaS	51	50	21	7	1	129
H	74	75	35	7	0	190
SK	33	107	86	21	1	249
KS	8	29	28	8	1	73
V	68	99	45	4	0	216
O	73	107	72	11	0	263
L	109	66	25	0	0	200
Yhteensä	447	581	334	61	3	1426

Kantatiet						
VO_KAISTA (%)						
Piiri	Kuntoluokka					Yhteensä
	5	4	3	2	1	
U	13.4 %	48.2 %	34.9 %	3.5 %	0.0 %	100 %
T	45.0 %	45.3 %	9.2 %	0.5 %	0.0 %	100 %
KaS	39.1 %	38.4 %	16.2 %	5.6 %	0.7 %	100 %
H	38.7 %	39.3 %	18.2 %	3.7 %	0.1 %	100 %
SK	13.4 %	43.1 %	34.7 %	8.6 %	0.2 %	100 %
KS	10.3 %	39.2 %	38.1 %	10.6 %	1.8 %	100 %
V	31.3 %	45.7 %	20.9 %	2.0 %	0.1 %	100 %
O	27.6 %	40.7 %	27.3 %	4.3 %	0.1 %	100 %
L	54.3 %	32.9 %	12.6 %	0.1 %	0.0 %	100 %
Yhteensä	31.3 %	40.7 %	23.4 %	4.3 %	0.2 %	100 %

Huonot	
km	%
0	0.0 %
0	0.0 %
1	0.7 %
0	0.1 %
1	0.2 %
1	1.8 %
0	0.1 %
0	0.1 %
0	0.0 %
3	0.2 %

Seututiet						
VO_KAISTA (KM)						
Piiri	Kuntoluokka					Yhteensä
	5	4	3	2	1	
U	56	122	71	8	1	257
T	107	118	44	10	2	281
KaS	104	108	73	15	1	301
H	151	119	43	1	0	313
SK	102	203	171	40	9	525
KS	27	97	123	36	6	288
V	114	135	61	17	5	330
O	181	275	192	53	19	720
L	134	157	116	32	7	446
Yhteensä	975	1333	894	211	49	3463

Seututiet						
VO_KAISTA (%)						
Piiri	Kuntoluokka					Yhteensä
	5	4	3	2	1	
U	21.7 %	47.3 %	27.6 %	3.1 %	0.3 %	100 %
T	38.1 %	41.9 %	15.8 %	3.7 %	0.5 %	100 %
KaS	34.5 %	36.1 %	24.2 %	4.9 %	0.4 %	100 %
H	48.1 %	38.0 %	13.7 %	0.3 %	0.0 %	100 %
SK	19.4 %	38.6 %	32.6 %	7.7 %	1.7 %	100 %
KS	9.5 %	33.6 %	42.6 %	12.4 %	1.9 %	100 %
V	34.4 %	40.8 %	18.5 %	5.0 %	1.4 %	100 %
O	25.1 %	38.2 %	26.7 %	7.3 %	2.7 %	100 %
L	30.1 %	35.1 %	26.0 %	7.1 %	1.6 %	100 %
Yhteensä	28.2 %	38.5 %	25.8 %	6.1 %	1.4 %	100 %

Huonot	
km	%
1	0.3 %
2	0.5 %
1	0.4 %
0	0.0 %
9	1.7 %
6	1.9 %
5	1.4 %
19	2.7 %
7	1.6 %
49	1.4 %

Yhdystiet						
VO_KAISTA (KM)						
Piiri	Kuntoluokka					Yhteensä
	5	4	3	2	1	
U	203	295	179	39	10	725
T	542	319	159	73	51	1144
KaS	396	239	140	29	4	809
H	564	259	103	30	3	959
SK	241	214	148	52	20	674
KS	87	124	94	18	2	325
V	422	235	123	36	19	835
O	304	288	149	64	34	840
L	164	191	169	95	29	648
Yhteensä	2923	2164	1265	436	172	6960

Yhdystiet						
VO_KAISTA (%)						
Piiri	Kuntoluokka					Yhteensä
	5	4	3	2	1	
U	27.9 %	40.7 %	24.6 %	5.4 %	1.3 %	100 %
T	47.4 %	27.9 %	13.9 %	6.4 %	4.4 %	100 %
KaS	48.9 %	29.6 %	17.3 %	3.6 %	0.5 %	100 %
H	58.8 %	27.0 %	10.8 %	3.1 %	0.3 %	100 %
SK	35.8 %	31.7 %	21.9 %	7.7 %	2.9 %	100 %
KS	26.9 %	38.1 %	28.8 %	5.6 %	0.6 %	100 %
V	50.5 %	28.1 %	14.8 %	4.3 %	2.2 %	100 %
O	36.2 %	34.3 %	17.8 %	7.6 %	4.1 %	100 %
L	25.3 %	29.4 %	26.1 %	14.6 %	4.5 %	100 %
Yhteensä	42.0 %	31.1 %	18.2 %	6.3 %	2.5 %	100 %

Huonot	
km	%
10	1.3 %
51	4.4 %
4	0.5 %
3	0.3 %
20	2.9 %
2	0.6 %
19	2.2 %
34	4.1 %
29	4.5 %
172	2.5 %

Ylläpitoluokka Y1a

VO_KAISTA (KM)						
Piiri	Kuntoluokka					Yhteensä
	5	4	3	2	1	
U	5	39	42	3	0	89
T	7	4	2	0	0	13
KaS	18	25	33	4	0	80
H	5	11	14	2	0	32
SK	15	31	24	0	0	69
KS						
V	18	23	4	1	0	46
O	29	13	10	1	0	53
L	7	12	3	0	0	22
Yhteensä	104	157	132	11	0	404

Ylläpitoluokka Y1a

VO_KAISTA (%)						
Piiri	Kuntoluokka					Yhteensä
	5	4	3	2	1	
U	6.2 %	43.7 %	46.9 %	3.3 %	0.0 %	100 %
T	55.8 %	29.3 %	14.9 %	0.0 %	0.0 %	100 %
KaS	22.7 %	31.0 %	41.3 %	4.9 %	0.0 %	100 %
H	16.2 %	35.5 %	42.4 %	5.9 %	0.0 %	100 %
SK	21.1 %	44.4 %	34.5 %	0.1 %	0.0 %	100 %
KS						
V	38.8 %	49.2 %	9.8 %	2.2 %	0.0 %	100 %
O	54.1 %	24.4 %	19.2 %	2.2 %	0.0 %	100 %
L	30.4 %	53.8 %	14.0 %	1.8 %	0.0 %	100 %
Yhteensä	25.7 %	38.8 %	32.6 %	2.8 %	0.0 %	100 %

Huonot		
km	%	
0	0.0 %	
0	0.0 %	
0	0.0 %	
0	0.0 %	
0	0.0 %	
0	0.0 %	
0	0.0 %	
0	0.0 %	
0	0.0 %	

Ylläpitoluokka Y1b

VO_KAISTA (KM)						
Piiri	Kuntoluokka					Yhteensä
	5	4	3	2	1	
U	24	30	25	5	0	84
T	86	83	14	1	0	184
KaS	53	90	44	6	0	193
H	40	72	26	0	0	138
SK	23	50	59	8	0	140
KS	9	63	102	14	6	194
V	87	119	65	8	4	283
O	96	194	120	7	6	423
L	22	93	48	8	1	171
Yhteensä	440	795	502	56	18	1811

Ylläpitoluokka Y1b

VO_KAISTA (%)						
Piiri	Kuntoluokka					Yhteensä
	5	4	3	2	1	
U	28.4 %	36.3 %	29.4 %	5.6 %	0.4 %	100 %
T	47.1 %	45.2 %	7.4 %	0.3 %	0.0 %	100 %
KaS	27.3 %	46.8 %	22.6 %	3.3 %	0.0 %	100 %
H	29.0 %	52.1 %	18.7 %	0.2 %	0.0 %	100 %
SK	16.5 %	35.6 %	42.1 %	5.7 %	0.1 %	100 %
KS	4.5 %	32.6 %	52.4 %	7.2 %	3.3 %	100 %
V	30.7 %	42.2 %	23.0 %	2.7 %	1.4 %	100 %
O	22.8 %	45.8 %	28.4 %	1.6 %	1.4 %	100 %
L	12.7 %	54.2 %	27.8 %	4.7 %	0.6 %	100 %
Yhteensä	24.3 %	43.9 %	27.7 %	3.1 %	1.0 %	100 %

Huonot		
km	%	
0	0.4 %	
0	0.0 %	
0	0.0 %	
0	0.0 %	
0	0.1 %	
6	3.3 %	
4	1.4 %	
6	1.4 %	
1	0.6 %	
18	1.0 %	

Ylläpitoluokka Y1c

VO_KAISTA (KM)						
Piiri	Kuntoluokka					Yhteensä
	5	4	3	2	1	
U	47	56	37	5	1	146
T	83	90	39	7	0	219
KaS	55	62	30	8	1	157
H	106	86	35	7	0	234
SK	39	96	69	18	2	222
KS	16	70	50	19	2	156
V	85	124	57	5	0	270
O	73	100	47	10	8	239
L	59	89	37	8	5	199
Yhteensä	563	773	401	87	18	1842

Ylläpitoluokka Y1c

VO_KAISTA (%)						
Piiri	Kuntoluokka					Yhteensä
	5	4	3	2	1	
U	32.2 %	38.5 %	25.5 %	3.2 %	0.5 %	100 %
T	37.9 %	41.0 %	17.9 %	3.2 %	0.0 %	100 %
KaS	34.9 %	39.6 %	19.4 %	5.4 %	0.7 %	100 %
H	45.2 %	36.7 %	15.0 %	3.0 %	0.1 %	100 %
SK	17.4 %	43.1 %	30.8 %	7.9 %	0.8 %	100 %
KS	10.3 %	44.7 %	32.0 %	11.9 %	1.1 %	100 %
V	31.6 %	45.7 %	21.0 %	1.7 %	0.0 %	100 %
O	30.8 %	41.8 %	19.8 %	4.4 %	3.2 %	100 %
L	29.8 %	45.0 %	18.5 %	4.2 %	2.6 %	100 %
Yhteensä	30.6 %	41.9 %	21.8 %	4.7 %	1.0 %	100 %

Huonot		
km	%	
1	0.5 %	
0	0.0 %	
1	0.7 %	
0	0.1 %	
2	0.8 %	
2	1.1 %	
0	0.0 %	
8	3.2 %	
5	2.6 %	
18	1.0 %	

Yläpitoluokka Y2a

VO_KAISTA (KM)						
Piiri	Kuntoluokka					Yhteensä
	5	4	3	2	1	
U	49	200	117	24	3	392
T	106	94	26	7	2	236
KaS	115	118	71	16	3	322
H	195	144	58	1	0	398
SK	68	164	129	23	5	389
KS	21	80	104	22	5	233
V	179	149	74	23	7	431
O	139	222	158	35	8	561
L	153	112	51	5	1	321
Yhteensä	1026	1283	787	155	33	3284

Yläpitoluokka Y2a

VO_KAISTA (%)						
Piiri	Kuntoluokka					Yhteensä
	5	4	3	2	1	
U	12.5 %	50.9 %	29.7 %	6.1 %	0.8 %	100 %
T	45.1 %	40.0 %	11.1 %	2.9 %	0.8 %	100 %
KaS	35.7 %	36.5 %	22.1 %	4.8 %	0.9 %	100 %
H	49.1 %	36.1 %	14.5 %	0.3 %	0.0 %	100 %
SK	17.5 %	42.1 %	33.2 %	6.0 %	1.2 %	100 %
KS	9.2 %	34.4 %	44.5 %	9.6 %	2.3 %	100 %
V	41.5 %	34.5 %	17.2 %	5.2 %	1.6 %	100 %
O	24.7 %	39.6 %	28.1 %	6.2 %	1.4 %	100 %
L	47.6 %	35.0 %	15.8 %	1.4 %	0.2 %	100 %
Yhteensä	31.2 %	39.1 %	24.0 %	4.7 %	1.0 %	100 %

Huonot		
km		
%		
3	0.8 %	
2	0.8 %	
3	0.9 %	
0	0.0 %	
5	1.2 %	
5	2.3 %	
7	1.6 %	
8	1.4 %	
1	0.2 %	
33	1.0 %	

Yläpitoluokka Y2b

VO_KAISTA (KM)						
Piiri	Kuntoluokka					Yhteensä
	5	4	3	2	1	
U	80	106	57	11	6	260
T	246	154	76	35	18	529
KaS	133	91	56	14	1	295
H	204	92	31	10	1	339
SK	138	146	120	31	4	439
KS	32	57	65	14	1	169
V	144	71	36	9	3	263
O	146	150	80	35	13	424
L	87	95	100	52	16	350
Yhteensä	1210	963	621	210	63	3068

Yläpitoluokka Y2b

VO_KAISTA (%)						
Piiri	Kuntoluokka					Yhteensä
	5	4	3	2	1	
U	30.6 %	40.7 %	22.1 %	4.3 %	2.3 %	100 %
T	46.5 %	29.2 %	14.3 %	6.6 %	3.4 %	100 %
KaS	45.2 %	30.9 %	19.0 %	4.6 %	0.3 %	100 %
H	60.1 %	27.3 %	9.2 %	3.0 %	0.4 %	100 %
SK	31.5 %	33.2 %	27.3 %	7.1 %	0.9 %	100 %
KS	19.1 %	34.1 %	38.4 %	8.2 %	0.3 %	100 %
V	54.7 %	27.0 %	13.6 %	3.5 %	1.2 %	100 %
O	34.4 %	35.4 %	18.9 %	8.3 %	3.0 %	100 %
L	24.9 %	27.0 %	28.7 %	14.8 %	4.7 %	100 %
Yhteensä	39.5 %	31.4 %	20.3 %	6.9 %	2.1 %	100 %

Huonot		
km		
%		
6	2.3 %	
18	3.4 %	
1	0.3 %	
1	0.4 %	
4	0.9 %	
1	0.3 %	
3	1.2 %	
13	3.0 %	
16	4.7 %	
63	2.1 %	

Yläpitoluokka Y3a

VO_KAISTA (KM)						
Piiri	Kuntoluokka					Yhteensä
	5	4	3	2	1	
U	60	40	37	8	1	145
T	197	92	61	33	28	411
KaS	224	117	70	11	1	422
H	211	86	36	12	1	347
SK	112	97	82	39	17	347
KS	38	32	19	5	1	93
V	185	118	60	19	8	391
O	173	159	103	27	4	467
L	67	80	88	50	10	296
Yhteensä	1268	819	555	204	72	2918

Yläpitoluokka Y3a

VO_KAISTA (%)						
Piiri	Kuntoluokka					Yhteensä
	5	4	3	2	1	
U	41.5 %	27.6 %	25.2 %	5.3 %	0.5 %	100 %
T	48.1 %	22.3 %	14.8 %	8.0 %	6.9 %	100 %
KaS	53.0 %	27.6 %	16.5 %	2.6 %	0.3 %	100 %
H	60.9 %	24.8 %	10.3 %	3.5 %	0.4 %	100 %
SK	32.3 %	27.8 %	23.7 %	11.3 %	4.9 %	100 %
KS	40.5 %	33.9 %	19.9 %	5.0 %	0.6 %	100 %
V	47.5 %	30.1 %	15.4 %	4.9 %	2.2 %	100 %
O	37.0 %	34.1 %	22.1 %	5.8 %	1.0 %	100 %
L	22.7 %	27.1 %	29.8 %	17.0 %	3.4 %	100 %
Yhteensä	43.4 %	28.1 %	19.0 %	7.0 %	2.5 %	100 %

Huonot		
km		
%		
1	0.5 %	
28	6.9 %	
1	0.3 %	
1	0.4 %	
17	4.9 %	
1	0.6 %	
8	2.2 %	
4	1.0 %	
10	3.4 %	
72	2.5 %	

Yläpitoluokka Y3b

VO_KAISTA (KM)						
Piiri	Kuntoluokka					Yhteensä
	5	4	3	2	1	
U	8	4	1	0	0	13
T	16	7	4	2	4	33
KaS	20	9	7	3	0	39
H	47	17	11	7	0	82
SK	16	8	4	3	2	32
KS	15	8	7	2	1	33
V	8	6	2	2	5	24
O	14	23	17	20	21	95
L	55	86	65	20	9	234
Yhteensä	200	167	118	58	41	585

Yläpitoluokka Y3b

VO_KAISTA (%)						
Piiri	Kuntoluokka					Yhteensä
	5	4	3	2	1	
U	64.0 %	29.3 %	6.8 %	0.0 %	0.0 %	100 %
T	48.2 %	20.1 %	13.3 %	6.9 %	11.5 %	100 %
KaS	52.3 %	23.3 %	17.5 %	6.7 %	0.3 %	100 %
H	57.1 %	20.3 %	13.4 %	8.7 %	0.5 %	100 %
SK	49.1 %	23.7 %	13.0 %	8.0 %	6.2 %	100 %
KS	45.1 %	24.4 %	21.1 %	7.0 %	2.5 %	100 %
V	35.8 %	24.9 %	10.5 %	7.2 %	21.6 %	100 %
O	14.8 %	24.4 %	18.0 %	21.1 %	21.7 %	100 %
L	23.6 %	36.9 %	27.6 %	8.3 %	3.7 %	100 %
Yhteensä	34.1 %	28.6 %	20.2 %	9.9 %	7.1 %	100 %

Huonot		
km		
%		
0	0.0 %	
4	11.5 %	
0	0.3 %	
0	0.5 %	
2	6.2 %	
1	2.5 %	
5	21.6 %	
21	21.7 %	
9	3.7 %	
41	7.1 %	

ISSN 1459-1553
ISBN 978952221158-3
TIEH 3201118-v